

FACULTAD DE CIENCIAS
GRADO EN BIOLOGÍA
TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO ACADÉMICO [2019-2020]

TÍTULO:

**ANÁLISIS DE COMUNIDADES DE INSECTOS FORESTALES EN EL RANGO DE
DISTRIBUCIÓN DE *PINUS SYLVESTRIS* EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.**

AUTOR:

María Giménez Teruel

TUTOR:

Diego Gallego Cambroner

Agradecimientos.

Escribo este apartado de agradecimientos para dar por finalizada mi época como estudiante del Grado en Biología, seis duros años de trabajo que, por fin, dan sus frutos. He disfrutado mucho de estos años y he tenido la suerte de conocer a grandes profesores que me han transmitido sus conocimientos y me han enseñado a ver la vida con otra perspectiva.

Por todo ello, en primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, Diego Gallego Cambroner, por su valiosa ayuda y sus ganas de enseñarme todo lo que sabe, por haberme brindado su confianza y su tiempo, y haberme transmitido una gran cantidad de conocimientos acerca de los insectos forestales así por haber contestado rápidamente y resuelto todas mis dudas mientras realizaba este trabajo. Muchas gracias por enseñarme a que aún quedan profesores con ganas de enseñar a sus alumnos.

También quiero agradecer a la empresa SANIDAD AGRÍCOLA ECONEX S.L., por ceder las herramientas necesarias para realizar este Trabajo de Fin de Grado y, en especial, a José Luis Lencina por su maravillosa caja entomológica de comparación, que tanto facilitó la identificación de las especies, y a Eduardo González, Lalo, por instalar y recoger las trampas de Valsaín. Por supuesto, agradecer a mi compañera de prácticas, Ana Sanchis Leal, por haber aportado su ayuda en este trabajo y a mi compañero Antonio Ojeda Gómez, que me ha brindado su ayuda siempre que la he necesitado.

Y para finalizar, quiero agradecer a mi familia, en especial a mis padres, por haberme dado su apoyo en todo momento, incluso cuando parecía que iba a rendirme, siempre estaban ahí para hacer que volviera a levantarme, animándome a seguir luchando.

Resumen

Los insectos forestales desempeñan un papel fundamental en la ecología de los bosques, formando parte de estos ecosistemas cambiantes y dinámicos e influyendo en los flujos de materia y energía. En este trabajo nos hemos centrado en el estudio de las comunidades de insectos saproxílicos, ligados al rango de distribución del *Pinus sylvestris*, en dos zonas de estudio de la Península Ibérica, la Sierra de Baza (Granada) y el Monte de Valsaín (Segovia), y su relación con diferentes variables ambientales extraídas de modelos climáticos globales. Para llevar a cabo la recogida de las muestras, se utilizaron trampas con atrayentes multiespecies, con el fin de estudiar la diversidad de las comunidades a dos niveles taxonómicos (especies y familia) y a un nivel no taxonómico (grupos tróficos de imagos e inmaduro) en relación con las variables ambientales, mediante el uso de modelos lineales para ambas zonas en conjunto y por separado. Los resultados obtenidos destacan que, para los niveles de estudio taxonómicos, la tendencia general es que la diversidad aumenta conforme nos elevamos en altitud en ambas zonas, y disminuye conforme nos acercamos a las zonas más cálidas y secas, mientras que no se encuentra una relación significativa en referencia al nivel de estudio no taxonómico. No obstante, y a pesar de que el Monte de Valsaín tiene unas condiciones de bosque óptimas para desarrollo de los insectos, encontramos mayor diversidad en la Sierra de Baza, que presenta unas condiciones ambientales mucho más estresantes, pero que se localiza dentro del *hotspot* de diversidad de las Sierras Béticas.

Palabras clave: Diversidad alfa; Índice de Shannon-Wiener; Regresiones lineales; Saproxílicos; Variables ambientales.

Abstract

Forest insects play a fundamental role in the ecology of forests, being part of these changing and dynamic ecosystems and influencing the flows of matter and energy. In this paper we have focused on the study of saproxylic insect communities, linked to the range of distribution of *Pinus sylvestris*, in two study areas of the Iberian Peninsula, the Sierra de Baza (Granada) and Monte de Valsaín (Segovia), and their relationship with different environmental variables extracted from global climate models. To carry out the collection of the samples, traps with multispecies attractants were used, in order to study the diversity of the communities at two taxonomic levels (species and family) and at a non-taxonomic level (adults and immature trophic groups) in relation to the environmental variables, through the use of linear models for both areas together and separately. The results obtained highlight that, for the taxonomic levels of study, the general trend is that diversity increases as we rise in altitude in both zones, and decreases as we approach the warmer and drier zones, while no significant relationship is found in reference to the non-taxonomic level of study. However, and even though Monte de Valsaín has optimal forest conditions for insect development, we find greater diversity in the Sierra de Baza, which presents much more stressful environmental conditions, but is located within the Sierras Béticas diversity hotspot.

Key Words: Alfa diversity; Environmental variables; Lineal regressions; Saproxylics; Shannon-Wiener index.

Índice

1. Introducción	- 1 -
1.1. Comunidades de insectos forestales	- 1 -
1.1.1. Complejidad estructural de las comunidades	- 3 -
1.2. Los bosques de <i>Pinus sylvestris</i> en la Península Ibérica	- 5 -
1.3. Zonas de estudio	- 7 -
2. Antecedentes y objetivos	- 11 -
2.1. Antecedentes	- 11 -
2.2. Objetivos	- 13 -
3. Materiales y métodos	- 14 -
4. Resultados	- 20 -
4.1. Individuos totales capturados	- 20 -
4.2. Diferencias de diversidad entre Baza y Valsaín	- 21 -
4.2.1. Relaciones entre Diversidad alfa a nivel de especie y las variables ambientales	- 22 -
4.2.2. Relaciones entre Diversidad alfa a nivel de familia y las variables ambientales	- 27 -
4.2.3. Relaciones entre Diversidad alfa a nivel de los grupos tróficos y las variables ambientales	- 33 -
5. Discusión	- 34 -
6. Conclusiones	- 38 -
7. Conclusions	- 39 -
8. Bibliografía	- 40 -
8.1. Recursos bibliográficos	- 40 -
8.2. Recursos web	- 42 -
9. Anexos	- 43 -
9.1. Anexos de Tablas	- 43 -
9.2. Anexo de Figuras	- 44 -

1. Introducción

1.1. Comunidades de insectos forestales

Los bosques maduros son ecosistemas arbolados que cambian permanentemente y persisten a lo largo de periodos de tiempo prolongados. Durante su existencia, el ecosistema forestal se desarrolla desde su establecimiento hasta alcanzar un estado de madurez, mientras cambia su composición, estructura y funciones simultáneamente (Franklin and Spies, 1991).

Entendiendo esto, los bosques y, en particular, las formaciones maduras, albergan gran cantidad de madera muerta, tanto al pie de los árboles como en el suelo. Este elemento constituye una abundante fuente de alimento y refugio para numerosos organismos, tales como mamíferos, aves, insectos, hongos, etc., siendo además el ecosistema más importante para los insectos saproxílicos (Gil y Pajares, 1986; Micó *et al.*, 2013), los cuales estudiaremos en este trabajo.

La descomposición de la madera es realizada fundamentalmente por la actividad de hongos y otros microorganismos. Sin embargo, suele estar favorecida o acelerada por la presencia de invertebrados saproxílicos (Harmon *et al.*, 1986). La comunidad saproxílica abarca un amplio abanico taxonómico que incluye, a su vez, distintos grupos funcionales ligados en algún punto de su ciclo vital a la madera de árboles en decaimiento, moribundos o recientemente muertos. Entre estos grupos de insectos podemos encontrar aquellos que se alimentan directamente de la madera, los que dependen de los hongos asociados a la misma, de los exudados de savia, los defoliadores o incluso los que depredan o parasitan a otros organismos saproxílicos (Speight, 1989).

Uno de los grupos principales de esta comunidad son los escolítidos, como es el caso de la especie *Orthotomicus erosus* W. (Figura 1). Estos coleópteros de hábitos floemófagos se caracterizan porque el macho adulto perfora el orificio de entrada y la cavidad conocida como cámara nupcial, en el interior del hospedante, y emite una feromona agregativa para atraer a varias hembras, cada una de las cuales excava una galería materna partiendo de esta cámara nupcial y siguiendo el eje longitudinal del árbol (Figura 2), mientras que el macho retira el serrín hacia el exterior. El propósito de la creación de las galerías es depositar sus huevos directamente sobre el sustrato alimenticio, que es el floema y el cambium, que posteriormente consumirán las larvas. Estas larvas consumen los tejidos vegetales y facilitan la entrada de hongos que ayudan a descomponer la madera y, en algunos casos, provocan o aceleran la muerte del vegetal hospedador. Otros grupos muy importantes son el de los cerambícidos, conocidos también como

escarabajos longicornios (Figura 3), y en menor medida, el de los bupréstidos (Figura 4) (Gallego y Campo, 2010).



Figura 1. Ejemplares de *Orthotomicus erosus*. Se identifica al macho porque posee en el declive elital unos, dientes triangulares (flecha) más pronunciados que los de la hembra. (Fuente: Diego Gallego).

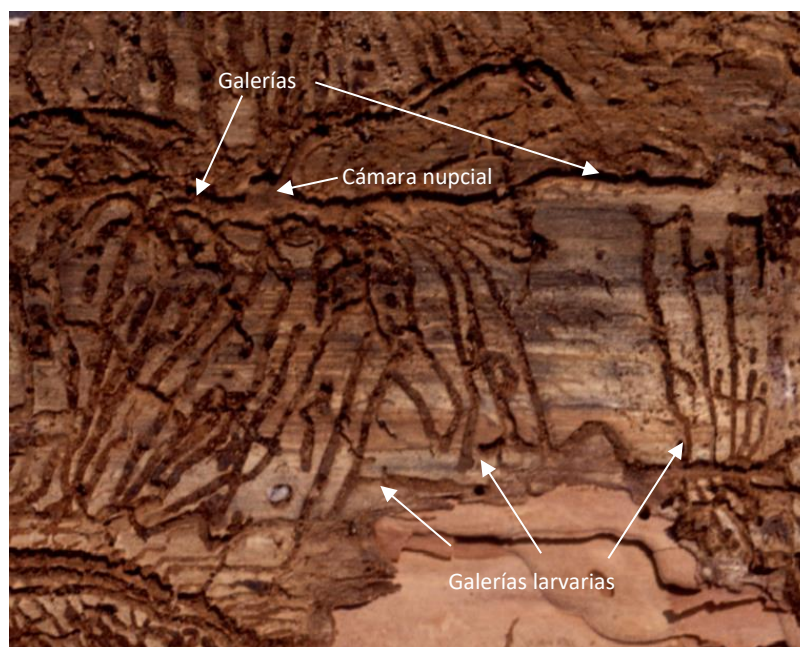


Figura 2. Red de galerías de *Orthotomicus erosus* perforadas en el bajo la corteza de *Pinus sylvestris*. Se pueden observar las distintas partes señaladas con flechas. Fotografía tomada en la Sierra de Baza (Granada).



Figura 3. Ejemplar de cerambícido, *Acanthocinus aedilis* L. (Fuente: Vaisiliy Feoktistov).



Figura 4. Ejemplar de bupréstido, *Phaenops cyaneus* F. (Fuente: Vaisiliy Feoktistov).

1.1.1. Complejidad estructural de las comunidades

Las comunidades ecológicas son entidades complejas y dinámicas que están integradas por las poblaciones que, a su vez, son variables e interactúan de maneras muy diversas. Algunos ejemplos de interacciones que se dan en la naturaleza son: competencia, depredación, herbivorismo, dispersión, polinización, etc., las cuales causan continuos cambios en la arquitectura de los flujos de materia y energía en el espacio y el tiempo (Dumm *et al.*, 2009).

Los ecólogos originalmente se centraron en analizar la composición de especies en las comunidades y en tratar de entender los procesos que explicarían los patrones de riqueza observados. Debido a ello, la mayoría de los análisis sobre variación espacial hacen mediciones de la biodiversidad en función de la riqueza de

Entre estos, se distinguen tres tipos de diversidad, la diversidad alfa, que constituye la diversidad de especies de una comunidad particular, la cual se considera homogénea (Whittaker, 1960), junto con los factores ambientales y las interacciones poblacionales (Llorente y Morrone, 2001) (y es en el análisis de diversidad en el que nos centramos en este trabajo), la diversidad beta, que analiza las diferencias existentes en la composición de especies en diferentes comunidades, y la diversidad gamma, que es el número de especies a nivel regional (Whittaker, 1960).

- 4 -



Figura 7. Ejemplar de *Pinus sylvestris*. Fotografía tomada en la Sierra de Baza (Granada).

Esta especie puede ser encontrada hasta en 5 subtipos fitoclimáticos distintos (Allue, 1990), aunque el fitoclima más representativo es el oroborealoide subnemoral, típico de las zonas con menor intervalo de sequía (Catalán, 1991). La especie *Pinus sylvestris* es de distribución paleártica, desde Siberia hasta la Península Ibérica y desde el norte de Asia hasta el mar de Japón (Oria, 2013). En la Figura 8 podemos ver la distribución de esta especie en Europa.

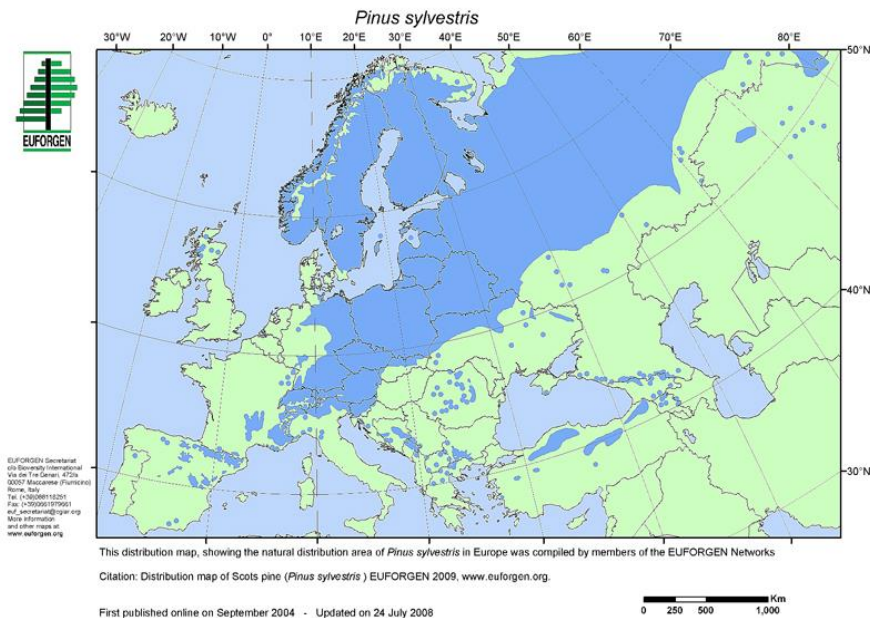


Figura 8. Distribución de *Pinus sylvestris* en Europa (fuente: www.euforgen.org).

En la Península Ibérica se distribuye de forma natural en forma de manchas geográficamente localizadas a elevadas altitudes, donde el clima es más frío y húmedo, estando presente de forma natural en la porción nororiental de la Península, apareciendo puntualmente en las sierras Béticas, donde se presenta su

límite meridional (Figura 9). Además, se asocia con pendientes bajas o moderadas y con una incidencia baja de radiación.

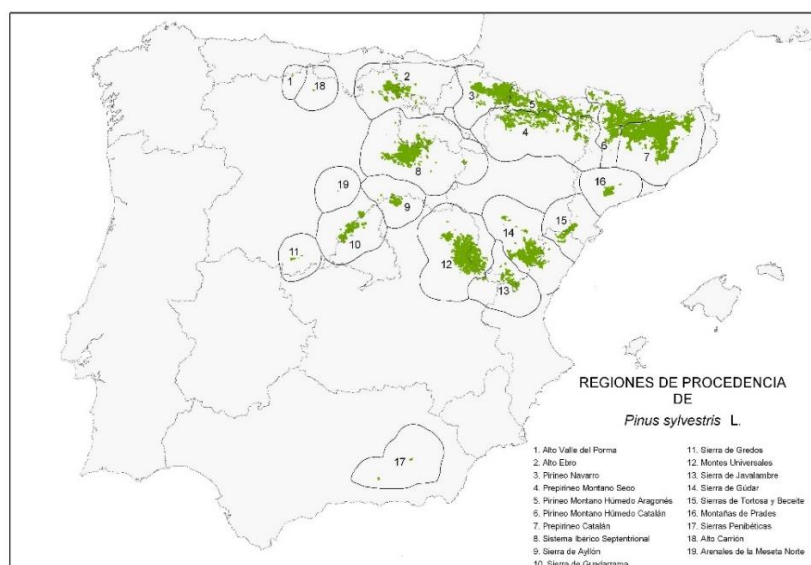


Figura 9. Distribución natural de *Pinus sylvestris* en España, de acuerdo con las regiones de procedencia (fuente: miteco.gob.es).

1.3. Zonas de estudio

Para la realización de este trabajo se escogieron dos zonas de estudio: la Sierra de Baza, que se localiza en Granada (Figura 10), y el Monte de Valsaín, que se localiza en Segovia (Figura 11). Ambas zonas fueron seleccionadas debido a que, el Monte de Valsaín se localiza el centro de la distribución de la especie arbórea a estudiar, mientras que la Sierra de Baza representa el límite sur de la misma.

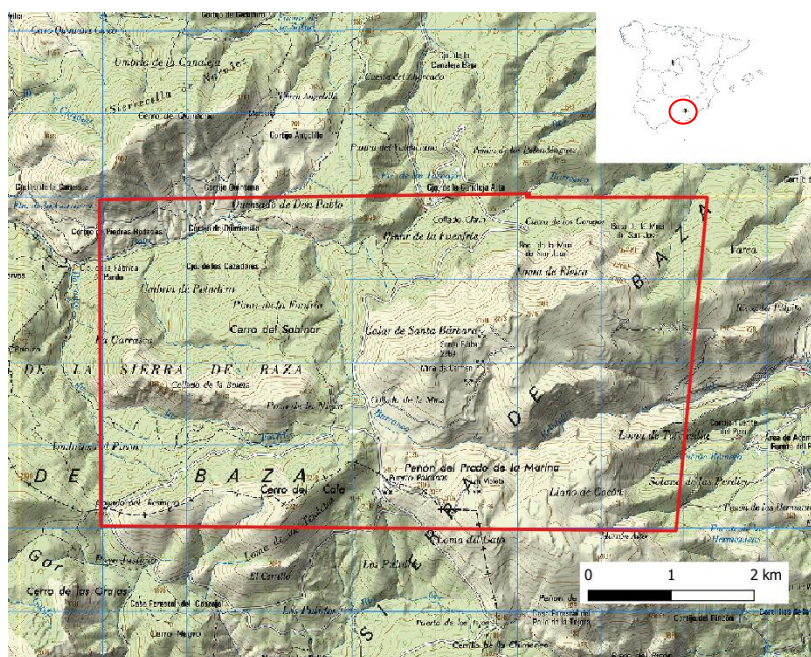


Figura 10. Localización de la zona de estudio en la Sierra de Baza.

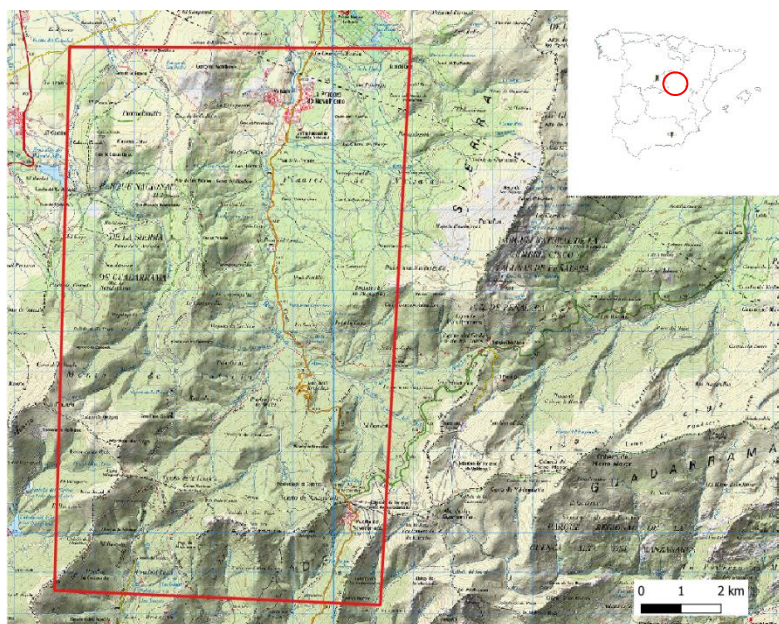


Figura 11. Localización de la zona de estudio en el Monte de Valsaín.

La Sierra de Baza se emplaza en el sur de España, en la parte oriental de Andalucía, al noreste de la provincia de Granada, limitando por el Este con la provincia de Almería. Desde el punto de vista geológico, forma parte de las Cordilleras Béticas y desde el punto de vista biogeográfico, la Sierra de Baza forma parte del reino Holártico de la Región Mediterránea y, dentro de esta última, de la Provincia Bética.

Siguiendo la clasificación bioclimática, en la Sierra de Baza se desarrolla el bioclima xérico-oceánico, aunque, según se ha establecido en otras investigaciones (Gil *et al.*, 1991), el sector de cumbres de esta zona se puede considerar el desarrollo de tipo pluviestacional continental, presentando las temperaturas más bajas y las precipitaciones más elevadas. El termotipo al que pertenece el dominio de vegetación es el mesomediterráneo superior, con temperaturas medias anuales de 13,4 °C y precipitaciones medias anuales de 400 mm (Tabla 1).

Con relación a la altitud, el Parque Natural de la Sierra de Baza forma parte de un macizo montañoso, que en pocos kilómetros asciende de una cota de 845 metros, en la ciudad de Baza, a una de 2.269 metros, en el Calar de Santa Bárbara, la máxima altura de este Parque (Junta de Andalucía, 2007).

Tabla 1. Climatología de la Sierra de Baza 2019 (fuente: climate-data.org).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media (°C)	6,5	7,6	10	12,1	15,4	20,4	24,4	24,2	20,6	15,2	10,5	7,3
Temperatura mín. (°C)	2	2,6	4,9	6,7	9,7	13,8	17,1	17,2	14,3	9,9	5,8	3,2

Temperatura máx. (°C)	11,1	12,7	15,1	17,6	21,1	27	31,7	31,2	27	20,6	15,3	11,5
Precipitaciones (mm)	46	43	51	54	41	18	7	9	24	46	45	49

Por otro lado, el Monte de Valsaín se encuentra situado en la vertiente norte de la Sierra de Guadarrama, provincia de Segovia, y está formado por dos montes, el Pinar y las Matas, siendo estos dos valles paralelos con orientación sur-norte. Estos montes se sitúan sobre suelos ácidos creados sobre rocas de granito y gneis (Tornero, 2005).

Respecto a la clasificación bioclimática, encontramos que en Valsaín el clima es nemoromediterráneo genuino, con temperaturas medias que oscilan entre los 10,5 °C y los 6,1 °C, mientras que las precipitaciones varían entre los 885 mm en las zonas más bajas y los 1.170 mm que podemos encontrar en las cumbres (Tabla 2).

Respecto a la altitud, varía desde los 1.100 metros en la zona más baja, hasta los 2.428 metros, donde encontramos el pico más alto, el Peñalara.

Tabla 2. Climatología del monte de Valsaín 2019 (fuente: climate-data.org).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media (°C)	3,1	4,5	7,4	9,9	13,3	18	21,5	21,4	17,6	12,1	6,9	3,9
Temperatura mín. (°C)	-0,4	0	2,4	4,7	7,5	11,9	15,2	15,2	11,6	7,7	2,8	0,8
Temperatura máx. (°C)	6,7	9	12,5	15,2	19,1	24,2	27,9	27,7	23,6	16,5	11,1	7,1
Precipitaciones (mm)	36	36	39	46	53	42	17	13	35	46	51	46

Como podemos observar en la Tabla 1 y la Tabla 2, en la Sierra de Baza las precipitaciones son más escasas y las temperaturas estivales son más elevadas que en el Monte de Valsaín, representando el límite meridional del *Pinus sylvestris*, puesto que es una especie que no tolera bien la sequía estival. En estas condiciones los pinares naturales de *Pinus sylvestris* están restringidos a la zona de cumbre, por encima de los 1900 m.

En el caso del Monte de Valsaín, los pinares de *Pinus sylvestris* son la formación vegetal más extendida, situándose dentro del óptimo de su distribución en la Península Ibérica (Sánchez, 2012). Podemos encontrarlos en altitudes que van desde los 1.200 metros hasta altitudes superiores a los 2.000 metros, siendo esta la cota supraforestal de la zona.

Ambas zonas de estudio son de gran interés, ya que son reductos de pinares autóctonos, en contraposición con los lugares de la Península en los que esa especie ha sido reforestada por repoblaciones forestales con mayor o menor éxito (Sánchez, 2012).

2. Antecedentes y objetivos

2.1. Antecedentes

Las comunidades de insectos forestales, entendiendo estas como el conjunto de especies e individuos que desarrollan su biología sobre los árboles, y que incluye grupos de coleópteros escolítidos, saproxílicos y sus depredadores y parasitoides, proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales para el mantenimiento de los bosques que las acogen (Dollin, 2008). El estudio de estas comunidades ha ido tomando relevancia en la última década como consecuencia de su importancia en los ciclos de materia y energía del ecosistema forestal. Así mismo, su estudio también se debe al incremento de la necesidad de conservar los ecosistemas forestales, puesto que muchos de estos insectos producen plagas y daños severos en las masas forestales.

Entre los diversos grupos de insectos que habitan las masas forestales de nuestro país, los coleópteros escolítidos ocupan un lugar destacado (Gil y Pajares, 1986). Estas comunidades de insectos se encuentran asociadas tróficamente a alguna especie de árbol y arbusto presente en la península. Atendiendo a las investigaciones sobre los ecosistemas forestales, los escolítidos son los organismos que inician el proceso de descomposición de la madera, que finalizará con la incorporación de materia orgánica al conjunto de nutrientes del suelo (Gil y Pajares, 1986).

En 2006, se estudió el ejemplo concreto de la interacción dinámica entre los insectos, los árboles, y el clima. De esta forma, se centraron en el papel que juegan los escolítidos en la deforestación a gran escala y, en consecuencia, en el cambio climático. Al analizar la relación entre los componentes, la primera conclusión es que se conoce muy poco sobre las interacciones entre insectos y árboles y entre estos y el clima (Dumm *et al.*, 2006).

En 2008, un grupo de investigadores canadienses realizó un estudio sobre las comunidades de coleópteros saproxílicos en bosques de coníferas y la relación que existe entre el estado del árbol y la biodiversidad de invertebrados. Los resultados obtenidos en el estudio mostraron que las formaciones forestales más jóvenes mostraban una menor riqueza de especies. Estos autores concluyeron que la madurez del sistema forestal incrementaba el número de especies de coleópteros que se podían encontrar en el entorno de las coníferas (Dollin, 2008).

Siguiendo esta línea de investigación, y para estudiar la relación entre la complejidad de la comunidad de insectos forestales en diferentes tipos de pinar mediterráneo, se implantó una Red de Estaciones de Seguimiento Forestal

Permanente (ESFP) en la Región de Murcia en 2008. Cada punto ESFP se componía de 20 árboles y contaba con una trampa tipo “*cross-vane*” cebada, la cual conseguía imitar un árbol en diferentes estados de debilitamiento. A partir de los valores de abundancia de cada una de las especies de la comunidad de insectos saproxilófagos, se determinaron y cuantificaron las interacciones entre las especies, concluyéndose que las formaciones forestales más maduras albergaban comunidades de saproxílicos más complejas (Gambín, 2010; Gallego y Campo, 2010).

Por otro lado, en 2013, se realizó un estudio, en el Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real), sobre las variables que influyen en la biodiversidad saproxílica, estudiando tanto la cantidad y calidad de la materia muerta, como la disponibilidad de microhábitats para el desarrollo de los insectos y la heterogeneidad del paisaje, es decir, la composición, estructura y configuración de los hábitats. Como resultado, se encontró una elevada diversidad saproxílica debido a la gran heterogeneidad de bosques que presentaba el parque, así como una relación bastante estrecha entre las preferencias de diversas especies de coleópteros saproxílicos con determinadas especies arbóreas. Por otro lado, los microhábitats que se encuentran en los árboles más envejecidos son también muy importantes ya que permiten un buen desarrollo del ciclo vital de estas especies (Micó *et al.*, 2013).

Paralelamente a este nivel de estudio, sabemos que los ecosistemas forestales son el resultado de un equilibrio dinámico entre el suelo, los animales, las plantas y el clima. Este equilibrio, sin embargo, puede ser desestabilizado por diferentes factores, entre los que destacan los incrementos poblacionales de insectos que se alimentan de árboles (Dumm *et al.*, 2006).

De acuerdo con Carnicer *et al.* (2009), las comunidades ecológicas son entidades complejas y dinámicas que están integradas por las poblaciones y estas, a su vez, son variables e interactúan de maneras muy diversas. Esto causa continuos cambios en los flujos de energía y de materia en el espacio y el tiempo. Para poder estudiar de forma concisa la complejidad que alberga la comunidad de insectos forestales, se puede visualizar y analizar mediante representaciones gráficas, por ejemplo, con redes de interacciones usada por Gambín (2010). Esta metodología es interesante pero el fuerte componente subjetivo la hace poco aplicable y deberá ser depurada en el futuro.

Recientemente, se hizo un estudio sobre las comunidades de insectos forestales en dos zonas de estudio que se encuentran dentro del rango de distribución del *Pinus sylvestris*, la Sierra de Baza (Granada), y el Monte de Valsaín

(Segovia). Como resultado, se observó que había grandes diferencias en cuanto a la especie de mayor abundancia en la comunidad, ya que mientras en la Sierra de Baza dominaba la especie *Orthotomicus erosus*, en el Monte de Valsaín, la que más abundaba era *Ips sexdentatus*. Por otro lado, la altitud tenía mucha relación con los valores de diversidad de que se encontraron en las zonas de estudio, de forma que para la Sierra de Baza se necesitaban mayores altitudes para conseguir valores de diversidad similares a los del Monte de Valsaín (Sanchis, 2019).

En línea con el último estudio, este Trabajo de Fin de Grado se planteó a partir de las siguientes preguntas: ¿Hay alguna razón, respecto a las variables climáticas, por la que las comunidades de insectos forestales difieran en ambas zonas de estudio o es debido simplemente a razones biogeográficas? A pesar de las diferencias en las comunidades de ambas zonas de estudio, ¿son las comunidades igual de complejas? ¿Influye la ubicación de la zona de estudio en la complejidad?

2.2. Objetivos

1. Estudiar la diversidad de las comunidades de insectos forestales en el rango de distribución de *Pinus sylvestris* en la Península Ibérica, tomando como modelo un bosque del sistema central y un bosque de las cordilleras béticas: El Monte de Valsaín (Segovia) y las cumbres de la Sierra de Baza (Granada), respectivamente.

2. Estudiar la relación entre la diversidad de las comunidades de insectos forestales asociados a los bosques de *Pinus sylvestris* y las variables ambientales extraídas de modelos climáticos globales usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

3. Materiales y métodos

Para capturar los insectos se instalaron 12 trampas Crosstrap® mini cebadas con el atrayente multiespecies Crosstrap® detection kit, a razón de 6 trampas por zona: 6 en la Sierra de Baza, y 6 en el Monte de Valsaín. Las trampas se repartieron en tres puntos en cada zona, a razón de dos trampas por punto, a modo de repetición. Las trampas se colocaron siguiendo el gradiente altitudinal, limitado a menor altitud por el ecotono entre los pinares de *Pinus nigra* A. y *Pinus sylvestris* en Baza y el ecotono de formaciones de *Quercus* y paisaje agrícola y el pinar de *Pinus sylvestris* en Valsaín. En la Tabla 3 se pueden ver las coordenadas que indican la localización exacta de los puntos.

Tabla 3. Coordenadas y altitudes de los puntos de muestreo por lugar.

Zona	Punto	Altitud (m s.n.m)	Coordenadas (30T UTM)
Baza	B1	1920	513447; 4137725
Baza	B2	2021	512108; 4137167
Baza	B3	2060	513372; 4136472
Valsaín	V1	1450	411465; 4524705
Valsaín	V2	1640	411198; 4518607
Valsaín	V3	1790	410462; 4516413

Las trampas se instalaron a lo largo del camino forestal (Figura 12 y Figura 13), a unos 30 metros de éste y cada par de trampas se separó unos 100 metros de distancia. La separación mínima entre puntos fue de 1 km de distancia lineal. Todas las trampas estaban ocultas a la vista y colgadas con cuerdas de las ramas inferiores de árboles o entre dos árboles.

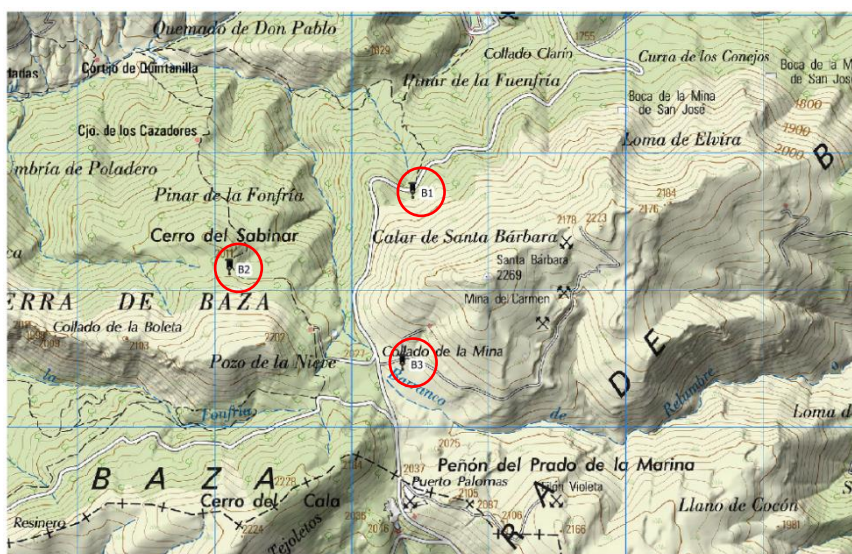


Figura 12. Localización de los puntos de muestreo en la Sierra de Baza.

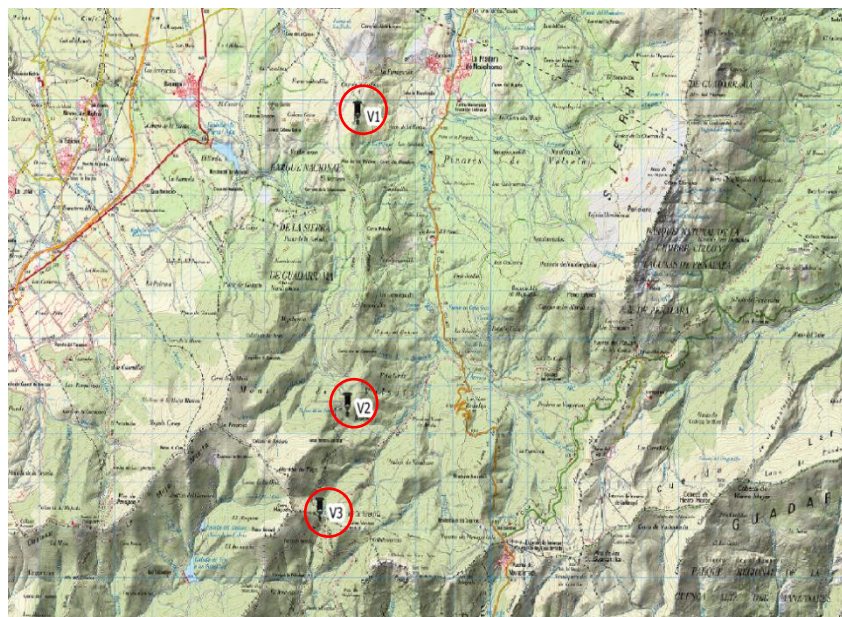


Figura 13. Localización de los puntos de muestreo en el Monte de Valsain.

Cada trampa consta de dos placas negras flexibles recubiertas de deslizante, posicionadas perpendicularmente entre ellas a modo de “X”, y un embudo situado en la parte inferior, donde caen los insectos cuando resbalan al intentar posarse en las placas negras (Figura 14). Desde el embudo, caen dentro del tarro de capturas, que contiene 20 ml de propilenglicol diluido al 25% para la conservación de las capturas. Cada tarro se encontraba marcado con el punto de muestreo en el que se situaba la trampa.

Cada trampa se suplementa con atrayentes que simulan el olor que desprende un árbol enfermo, moribundo o recientemente muerto (Figura 15), formado por tres componentes: un emisor de α -pineno, un emisor de etanol y un cebo compuesto de diferentes feromonas de escolítidos (ipsenol, ipsdienol y z-verbenol) en relación 1:1:1. En la Tabla 4 se expone la funcionalidad de cada uno de los componentes de la trampa (Pajares *et al.*, 2006).

Tabla 4. Componentes y funcionalidad del modelo de trampa utilizada en el estudio.

Dispositivo	Imitación	Atracción
Láminas negras	Siluetas y color del fuste de un árbol.	Comunidad de escolítidos y saproxilófagos.
Etanol	Metabolismo anaeróbico en tejidos vegetales, por desconexión de flujos de agua.	Especies agresivas de escolítidos y escolítidos de ambrosía
α-pineno	Activación de las defensas inducidas en árboles, por agresión externa, con síntesis de monoterpenos insecticidas y fungicidas. Puede actuar sinergizado con etanol.	Especies menos agresivas de escolítidos, comunidad de floemo-xilófagos.
Feromonas	Feromonas de agregación de algunos escolítidos, producida en el proceso de ataque y colonización.	Comunidad de depredadores, parasitoides y depredadores facultativos.



Figura 14. Trampa Crosstrap®. Fotografía tomada en la Sierra de Baza.



Figura 15. Vista de los atrayentes utilizados. Fotografía tomada en la Sierra de Baza.

Las trampas se revisaron quincenalmente desde principios de mayo de 2018 hasta finales de noviembre de ese mismo año, y para ello, fue necesario el acceso de 1 o 2 personas a la zona del pinar donde se habían colocados las trampas, encargándose del reemplazo del tarro de capturas y, en caso de necesidad, renovar el atrayente.

Conforme se recogieron los tarros de captura, se guardaron bien etiquetados con la fecha de recogida y el punto donde se encontraba la trampa. Todo el material se trasladó al laboratorio y se sometió a un cuidadoso lavado, para poder eliminar lo mejor posible los desechos y material vegetal. Seguidamente, se colocaban las muestras en una cubeta y se realizaba la identificación y recuento de los insectos capturados (Figura 16). La identificación de los insectos se realizó mediante claves dicotómicas (Gil y Pajares, 1986) y con una caja entomológica de comparación (Figura 17), la cual contenía ejemplares identificados por especialistas.



Figura 16. Muestras clasificadas y etiquetadas.



Figura 17. Caja entomológica de comparación utilizada para la identificación y comparación de las muestras.

Seguidamente, los datos obtenidos se recopilaban en una hoja de cálculo, generando una tabla que incluía la identificación de las especies capturadas, añadiendo la familia a la que pertenecían y el grupo trófico larvario y adulto, el número de ejemplares, la trampa en la que se capturaron, el lugar y la fecha de captura.

Posteriormente, los datos de la tabla de capturas se analizaron con el programa estadístico “R” (R Core Team, 2017), estudiando la relación entre las variables ambientales extraídas y la diversidad alfa, mediante el índice de Shannon-Wiener, todo ello sobre tres niveles de estudio, dos a nivel taxonómico, diversidad alfa de especies y familias, y uno a nivel no taxonómico, diversidad alfa de los grupos tróficos de las fases inmaduras y maduras, de cada especie. Se usó la extensión Vegan (Oksanen *et al.*, 2019).

De esta forma, primero se realizó un ANOVA ($\alpha=0,05$) para poder detectar diferencias significativas entre los diferentes niveles de diversidad (especies, familias y grupos tróficos) entre ambas zonas de estudio.

Los datos ambientales se extrajeron de mapas climáticos que se descargaron de la página <https://worldclim.org/>, la cual oferta modelos climáticos, para todo el mundo, a partir de datos acumulados desde 1970 hasta los años 2000, a escala de 1 km².

Seguidamente, se extrajeron, usando el SIG QGIS, y para cada uno de los 6 puntos de muestreo de ambas zonas, la información de las variables climáticas que se iban a utilizar (Tabla 5). Los datos se extrajeron mediante el uso de capas tipo ráster, de forma que primero se establecieron las coordenadas exactas de los puntos de muestreo en la capa base, mediante el uso de una capa de la Península Ibérica delimitada por comunidades, y a partir de aquí se fueron añadiendo las distintas capas globales de las variables climáticas, para luego crear una tabla que agrupaba todos los datos proporcionados de las 19 variables ambientales junto con las coordenadas de cada punto de muestreo, de forma que sólo se reconocían los datos exactos de las zonas de estudio (Figura 18).

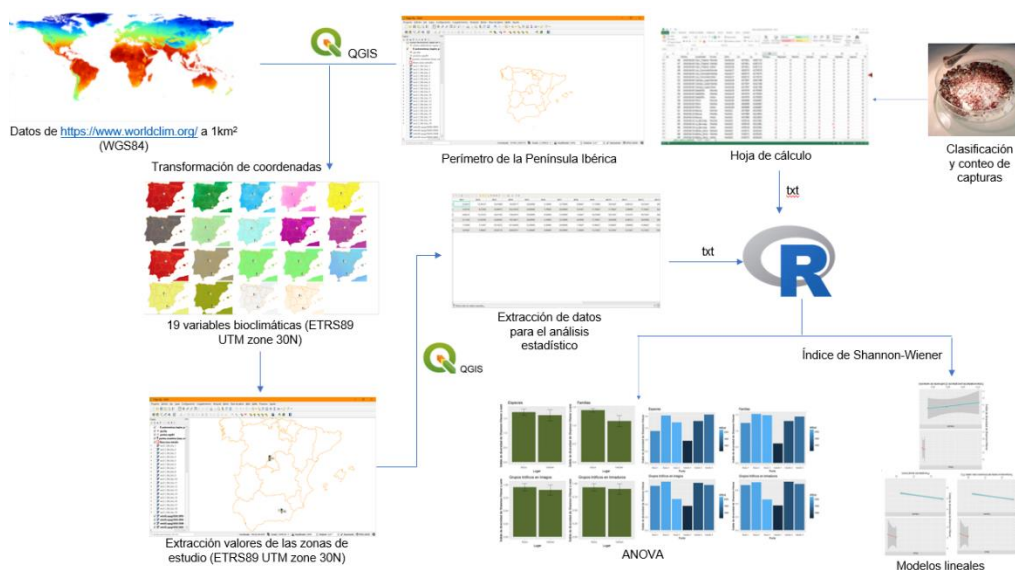


Figura 18. Proceso metodológico para extracción de valores ambientales usando QGIS, y su posterior análisis mediante R.

Con todos los datos de las 19 variables se calcularon regresiones lineales (LM) para ambas zonas de estudio en conjunto y para cada zona por separado, en las que se relacionaba cada variable ambiental con los respectivos niveles de diversidad alfa para observar si se establecía alguna relación significativa.

Tabla 5. Variables climáticas utilizadas para analizar ambas zonas de estudio. (Fuente: <https://worldclim.org/>).

Código	Elemento
BIO1	Temperatura media anual (°C)
BIO2	Rango Diurno Medio (Promedio de mensual (T máx. – T mín.) (°C)
BIO3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) ×100 (°C)
BIO4	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar × 100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5 - BIO6) (°C)
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo (°C)
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco (°C)
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido (°C)
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío (°C)
BIO12	Precipitación anual (mm)
BIO13	Precipitación del mes más húmedo (mm)
BIO14	Precipitación del mes más seco (mm)
BIO15	Estacionalidad de precipitación (Coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido (mm)
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

3.1. Cronograma

En la Tabla 6 se especifica el cronograma de la realización del trabajo:

Tabla 6. Cronograma del trabajo realizado para la elaboración del Trabajo Fin de Grado (TFG).

Acciones	2018				2020						
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
Recogida de las trampas											
Procesado muestras											
Realización TFG											
Recopilación información											
Estudio bibliográfico											
Extracción datos QGIS											
Análisis											
Discusión resultados											

4. Resultados

4.1. Individuos totales capturados

El recuento total de insectos capturados fue de 2902 individuos de 33 especies, pertenecientes a 14 familias distintas, de los cuales, 1575 ejemplares de 27 especies diferentes se capturaron en la Sierra de Baza, y 1327 ejemplares de 21 especies distintas en el Monte de Valsaín. En la Tabla 7 se recogen los datos de las especies: familia, grupo trófico larvario y adulto, y el número de ejemplares capturados en ambas zonas por separado.

La especie más abundante en la Sierra de Baza fue *Orthotomicus erosus*, con 517 individuos, seguido de *Rhizophagus depressus* F., con un total de 367 ejemplares. En el caso del Monte de Valsaín, la especie capturada en mayor número fue *Ips sexdentatus* B., con un total de 821 ejemplares, seguido de *Spondylis buprestoides* L., con un total de 94 ejemplares.

Tabla 7. Especies ordenadas por familias y número de individuos capturados en cada una de las zonas de muestreo. (Ver tabla 1 del apartado Anexos para interpretar los códigos de las especies).

Familia/Subfamilia	Especie	Grupo trófico larvario	Grupo trófico adulto	Sierra de Baza	Monte de Valsaín
Scolytinae	<i>Ortero</i>	Floemófago	Floemófago	517	5
	<i>Carmin</i>	Floemófago	Floemófago	36	2
	<i>Hylang</i>	Floemófago	Floemófago	0	0
	<i>Hylate</i>	Floemófago	Floemófago	4	0
	<i>Hylatt</i>	Floemófago	Floemófago	1	0
	<i>Hyllig</i>	Floemófago	Floemófago	8	0
	<i>Hylmic</i>	Floemófago	Floemófago	1	0
	<i>Hylpal</i>	Floemófago	Floemófago	3	0
	<i>Ipssex</i>	Floemófago	Floemófago	1	821
	<i>Ipsacu</i>	Floemófago	Floemófago	0	30
	<i>Pitbid</i>	Floemófago	Floemófago	0	56
	<i>Pitgla</i>	Floemófago	Floemófago	0	1
	<i>Pitlic</i>	Floemófago	Floemófago	0	1
	<i>Tommin</i>	Floemófago	Medulófago	4	0
Trogossitidae	<i>Temcae</i>	Depredador	Depredador	23	2
Zopheridae	<i>Aulruf</i>	Depredador	Depredador	215	2
Cleridae	<i>Allqua</i>	Depredador	Depredador	49	7
	<i>Thafem</i>	Depredador	Depredador	128	88
	<i>Thafor</i>	Depredador	Depredador	12	49
Monotomidae	<i>Rhidep</i>	Depredador	Depredador	367	86
Nitidulidae	<i>Pitfer</i>	Depredador	Depredador	0	1
Lebiinae	<i>Synfus</i>	Depredador	Depredador	0	1
Cerambycidae	<i>Acaaed</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	37	2
	<i>Acagri</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	74	20
	<i>Arhrus</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	11	20
	<i>Mongal</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	41	13
	<i>Oxynod</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	8	0
	<i>Rhainq</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	18	1
	<i>Spobup</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	5	94
	<i>Xylarv</i>	Depredador facultativo	Ramoneador	2	0
Elateridae	<i>Stelau</i>	Depredador	Defoliador	0	3

Mesoptiliinae	<i>Magdup</i>	Saproxilófago	Defoliador	0	24
	<i>Magphl</i>	Saproxilófago	Defoliador	0	0
	<i>Magruf</i>	Saproxilófago	Defoliador	6	0
Curculioninae	<i>Brapin</i>	Saproxilófago	Defoliador	0	1
Entiminae	<i>Brainc</i>	Saproxilófago	Defoliador	0	1
	<i>Pacsqa</i>	Saproxilófago	Defoliador	2	0
Buprestidae	<i>Phacya</i>	Saproxilófago	Defoliador	5	0
Cetoniidae	<i>Proobl</i>	Saproxilófago	Defoliador	3	0

4.2. Diferencias de diversidad entre Baza y Valsaín

En la Figura 19 se puede apreciar que la zona de estudio de la Sierra de Baza tiene una altitud mayor que el Monte de Valsaín. De la misma forma, se observa que el punto donde se encuentra la menor diversidad alfa, para todos los niveles considerados, es el punto 1 del Monte de Valsaín (V1), que además corresponde con la zona de menor altitud.

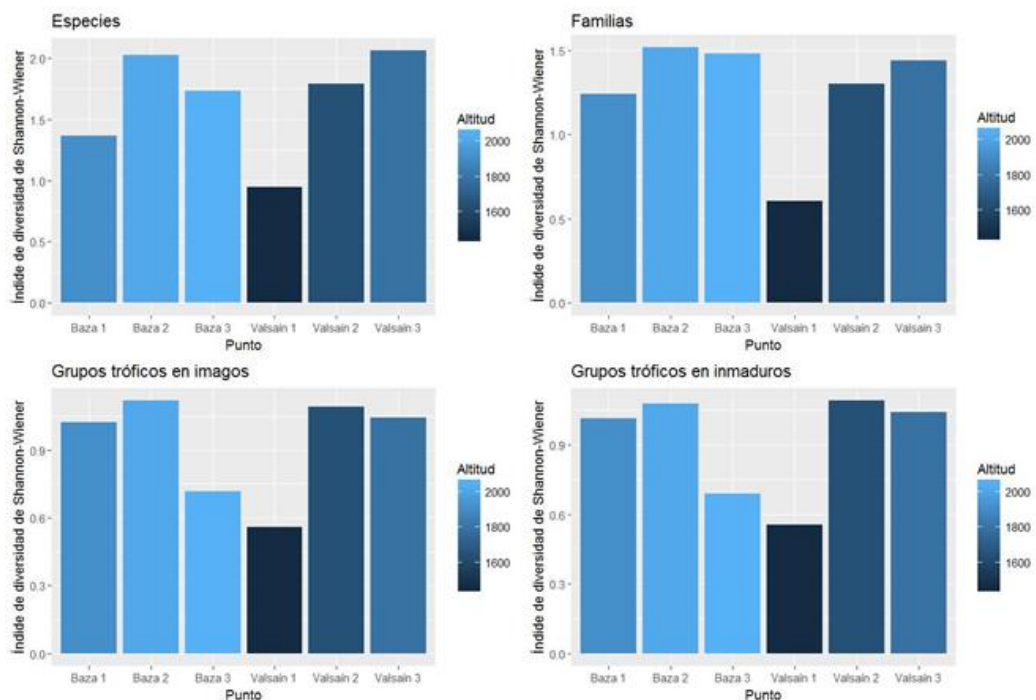


Figura 19. Diversidad alfa para cada punto de muestreo de las zonas de estudio, indicando la altitud mediante escala de color.

Tras realizar el análisis de la varianza (ANOVA), no se han encontrado diferencias significativas entre diversidad y las zonas de estudio (Sierra de Baza y Monte de Valsaín) (Tabla 8) en ninguno de los niveles de la diversidad alfa que se estudian. De cualquier modo, como se puede apreciar en la Figura 20, la diversidad de familias es aparentemente mayor en Baza que en Valsaín, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

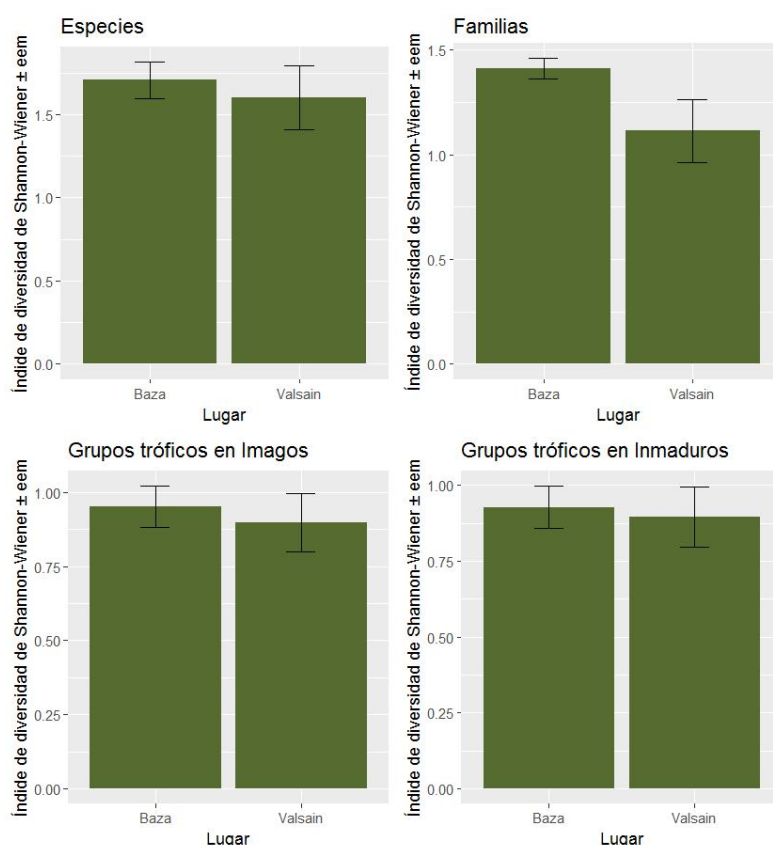


Figura 20. Comparación de la diversidad alfa en ambas zonas de estudio.

Tabla 8. Resultados de los ANOVAs entre a la diversidad alfa en y zonas de estudio.

ANOVA	Grados de Libertad	F	p-valor
Especies	1	0,077	0,795
Familias	1	1,205	0,334
Grupos tróficos larvarios	1	0,024	0,885
Grupos tróficos maduros	1	0,068	0,807

4.2.1. Relaciones entre Diversidad alfa a nivel de especie y las variables ambientales

De las 19 variables utilizadas en el estudio, sólo se han obtenido regresiones lineales significativas ($\alpha=0,05$) para las variables incluidas en la Tabla 9 (para ambas zonas en conjunto) y la Tabla 10 (para cada zona por separado), que hacen referencia a la diversidad alfa a nivel de especie.

Tabla 9. Regresiones lineales estadísticamente significativas al analizar ambas zonas de estudio en conjunto.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener	Variable ambiental	p-valor	Error Estándar	R ² Ajustado	Coefficientes lineales
Total (Baza + Valsain)	BIO1	0,02731	0,2421	0,6785	5,2213 – 0,4418x

Total (Baza + Valsaín)	BIO8	0,0349	0,2565	0,639	2,06213 - 0,20141x
Total (Baza + Valsaín)	BIO11	0,04367	0,2704	0,599	1,9167 - 0,4530x

Para las variables que dieron una regresión significativa al analizar ambas zonas de estudio de forma conjunta (Tabla 9), se observa que las tres están relacionadas con la temperatura: temperatura media anual (BIO1), temperatura media del mes más húmedo (BIO8) y temperatura media del mes más frío (BIO11).

De esta forma, observamos que son similares en cuanto a la tendencia que presentan (todos los coeficientes son negativos), disminuyendo el índice de diversidad conforme aumenta la temperatura, es decir, la diversidad alfa de especies disminuye hacia zonas más cálidas.

Como las tres gráficas en las que se representa la regresión lineal mostraron una información muy parecida, sólo se incluye la más representativa de las tres (Figura 21), mientras que las otras se pueden encontrar en el apartado de Anexos.

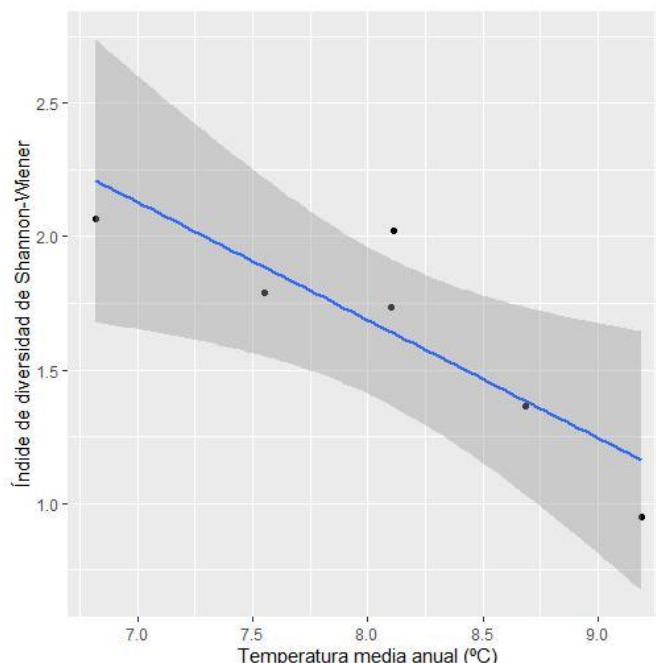


Figura 21. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media anual (BIO1). Los puntos representan los valores reales.

Cabe destacar que cuando se analizaron por separado las zonas de estudio, sólo se obtuvieron regresiones significativas para el Monte de Valsaín (Tabla 10), mientras que para la Sierra de Baza no hay ninguna regresión significativa

Tabla 10. Regresiones lineales estadísticamente significativas al analizar ambas zonas de estudio por separado. Sólo encontramos resultados significativos en Valsaín.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener	Variable ambiental	p-valor	Error Estándar	R ² Ajustado	Coefficientes lineales
Valsaín	BIO1	0,04271	0,05513	0,991	5,35281 - 0,47798x

Valsaín	BIO5	0,02362	0,03051	0,9972	$9,26412 - 0,33419x$
Valsaín	BIO9	0,0122	0,01576	0,9993	$9,089447 - 0,458068x$
Valsaín	BIO10	0,0122	0,01576	0,9993	$9,089447 - 0,458068x$
Valsaín	BIO11	0,02724	0,03518	0,9963	$2,29638 - 0,67028x$
Valsaín	BIO12	0,0122	0,01576	0,9993	$9,089447 - 0,458068x$

En relación con las variables que observamos en la Tabla 10, se observa que las regresiones con las variables ambientales BIO1, BIO5, BIO9, BIO11 y BIO12 (ver Tabla 5), tienen la misma tendencia, aunque se pueden apreciar algunas diferencias entre ellas que se comentarán más abajo (Figura 22). Por otro lado, para la variable ambiental BIO11, se observa un comportamiento diferente al resto (Figura 23), que se comentará también más adelante.

En la Figura 22 se observa que hacia zonas más cálidas disminuye la diversidad, encontrando que hay un rango mayor de distribución en el Monte de Valsaín respecto a la Sierra de Baza, siendo éste muy estrecho. Además, se observa también que incluso el rango de la Sierra de Baza es más estrecho que el punto más bajo de biodiversidad que se encuentra en el Monte de Valsaín, que está mucho más separado.

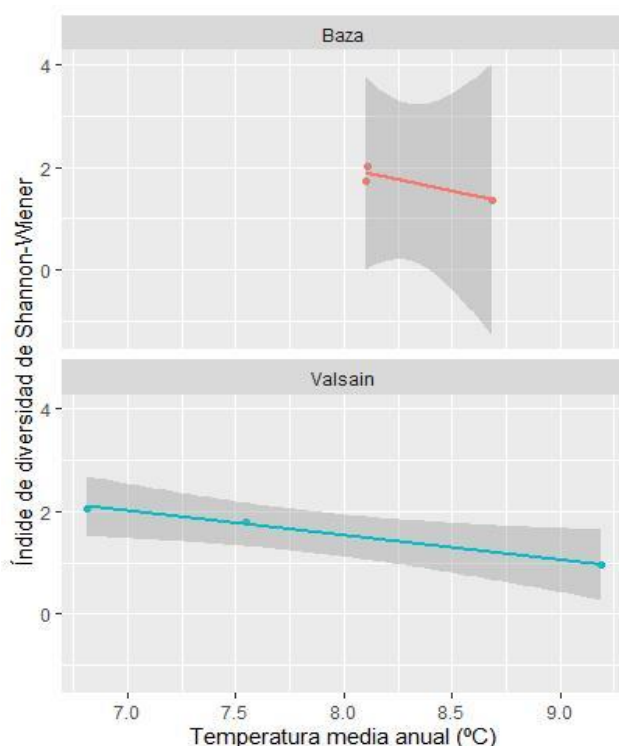


Figura 22. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media anual (BIO1). Los puntos representan los valores reales.

En la Figura 23 se observa que la temperatura de la Sierra de Baza es superior a la del Monte de Valsaín, y de la misma forma, observamos que conforme nos acercamos a las zonas cálidas disminuye la diversidad. No obstante, se puede ver claramente que

hay una discontinuidad entre las temperaturas, ya que mientras que en el Monte de Valsaín las temperaturas van en un rango de entre los 21 °C aproximadamente hasta los 25 °C, la Sierra de Baza da un salto y no baja del rango de los 28 °C durante los meses más cálidos, que, si observamos la Tabla 1 y la Tabla 2 de la Introducción, se corresponde con la época estival.

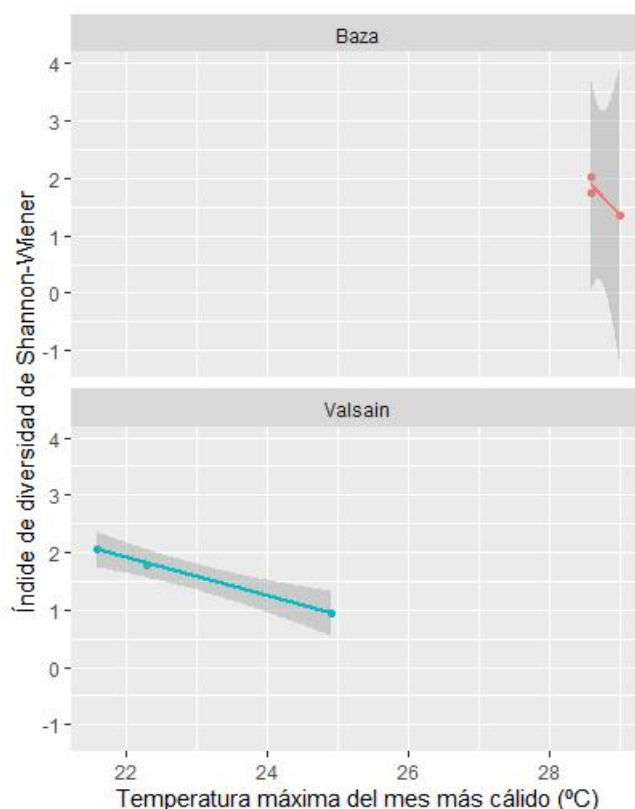


Figura 23. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura máxima del mes más cálido (BIO5). Los puntos representan los valores reales.

De esta forma, el rango de distribución para la Sierra de Baza es muy estrecho y cae rápidamente en zonas con temperaturas que alcanzan los 29 °C, mientras que en el Monte de Valsaín el rango es mucho mayor.

En la Figura 24 se observa la misma tendencia para la regresión con la variable BIO9, que se corresponde con la variable de la temperatura media del trimestre más seco. Las variables climáticas BIO10 y BIO12, que se corresponden con el rango anual de temperatura y precipitación anual respectivamente, presentan una tendencia similar por lo que las gráficas para estas dos variables se pueden encontrar en el apartado de Anexos.

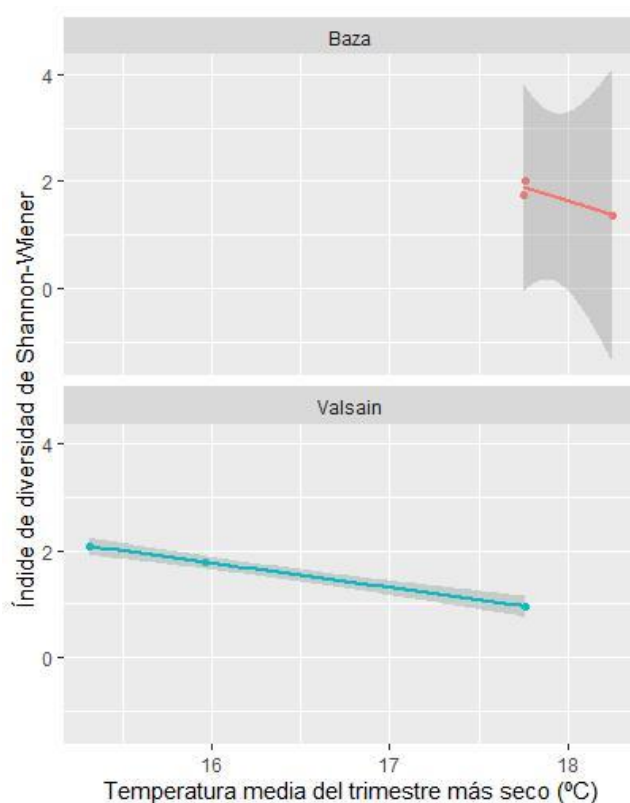


Figura 24. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más seco (BIO9). Los puntos representan los valores reales

Para las tres variables se puede observar que, hacia zonas cálidas (BIO9 y BIO10) o más secas (BIO12), disminuye la diversidad alfa y, además, se observa que en la Sierra de Baza hay un rango menor de la distribución con una disminución más acusada de la diversidad de especies, mientras que en el Monte de Valsain las temperaturas son inferiores y el rango de distribución es mayor.

De esta forma, se observa que en la Sierra de Baza que las temperaturas y las precipitaciones medias han sido mayores, lo cual confirma los datos climáticos recogidos en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Por otra parte, en la Figura 25 se observa una disminución de la diversidad hacia las zonas más cálidas. Así mismo, se ve claramente que, en la Sierra de Baza, la temperatura media es inferior en el trimestre más frío, que se corresponde con el periodo invernal, encontrando que el rango de distribución es mucho más estrecho y mucho menor que en Valsain.

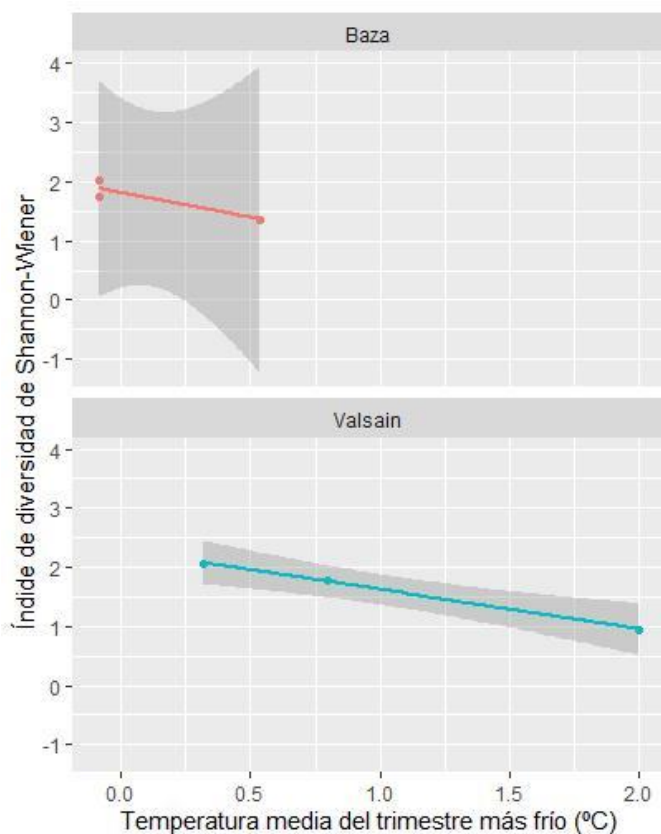


Figura 25. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más frío (BIO11). Los puntos representan los valores reales.

Como se puede apreciar en la Figura 24 y en la Figura 25, en la Sierra de Baza encontramos mayores pluviometrías y variaciones en las temperaturas, siendo más elevadas que en Valsaín en la época más calurosa, pero siendo inferiores en la época más fría del año.

4.2.2. Relaciones entre Diversidad alfa a nivel de familia y las variables ambientales

De las 19 variables utilizadas, sólo se han obtenido regresiones lineales significativas para las variables incluidas en la Tabla 11, la Tabla 12 y la Tabla 13, que hacen referencia a las regresiones obtenidas al realizar el análisis entre la diversidad de familias respecto a las variables climáticas, en las zonas de estudio de forma conjunta y por separado.

Tabla 11. Regresiones lineales estadísticamente significativas al analizar las familias de ambas zonas de estudio en conjunto.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener	Variable ambiental	p-valor	Error Estándar	R ² Ajustado	Coefficientes lineales
Total familias (Baza + Valsaín)	BIO8	0,0002993	0,06382	0,9649	$1,64380 - 0,18774x$
Total familias (Baza + Valsaín)	BIO11	0,001091	0,08798	0,9332	$1,51067 - 0,42643x$
Total familias (Baza + Valsaín)	BIO15	0,0108	0,1545	0,794	$-2,42500 + 0,08329x$

Respecto a las regresiones con las variables climáticas BIO8 y BIO11, que corresponden con la temperatura media del trimestre más húmedo y la temperatura media del trimestre más frío, respectivamente, se observa la misma tendencia en ambas, por lo que se muestra la gráfica más explicativa (Figura 26), mientras que la otra figura se puede encontrar en el apartado de Anexos.

Por otro lado, la regresión con la variable climática BIO15 presenta diferencias respecto a las otras dos, y se explicará más adelante.

En la Figura 26 se observa una disminución de la diversidad de familias en ambas zonas de estudio, conforme nos aproximamos a las zonas cálidas. El punto en el que la diversidad de familias es menor se relaciona con el Monte de Valsaín, en la zona de muestreo de menor altitud.

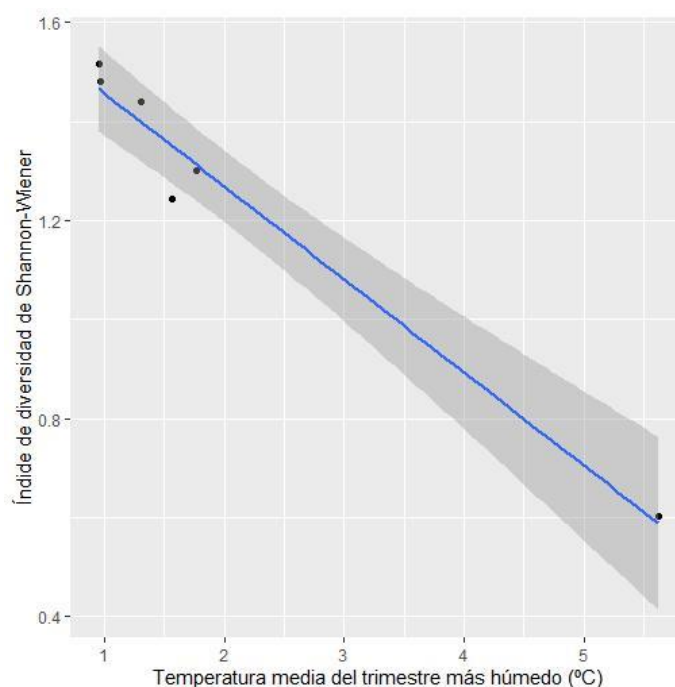


Figura 26. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más húmedo (BIO8). Los puntos representan los valores reales.

En la Figura 27 observamos que conforme aumenta la estacionalidad de las precipitaciones, aumenta la diversidad de familias en ambas zonas de estudio. Si se observa la gráfica en la que aparecen ambas zonas por separado (Tabla 14 de Anexos), se puede ver que hay una diferencia respecto a la diversidad de ambas

zonas. Mientras que en la Sierra de Baza la estacionalidad es mayor que en el Monte de Valsaín y el rango de distribución es más estrecho, la diversidad de familias en Valsaín aumenta, mientras que, en Baza, disminuye muy rápido.

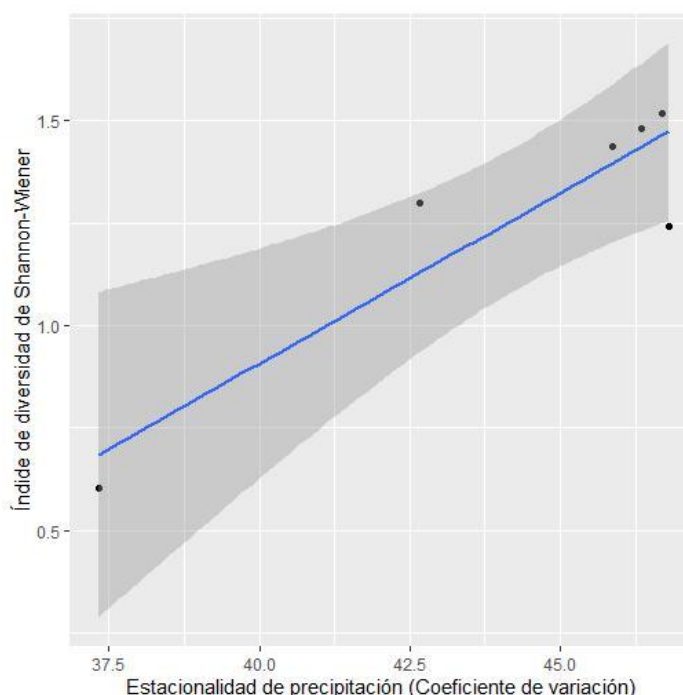


Figura 27. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la estacionalidad de las precipitaciones (BIO15). Los puntos representan los valores reales.

Tabla 12. Regresiones lineales estadísticamente significativas al analizar las familias por separado. Resultados significativos para la Sierra de Baza.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener	Variable ambiental	p-valor	Error Estándar	R ² Ajustado	Coefficiente lineal
Familias Baza	BIO16	0'04629	0,01529	0,9894	-2,571565 + 0,015563x

De este modo, en la Figura 28 se puede observar que hay un aumento en la diversidad de las familias de insectos forestales conforme nos acercamos hacia las zonas más húmedas. De esta forma, el rango de distribución en la Sierra de Baza es muy pequeño, quedando restringido entre los 240 mm y los 275 mm, mientras que el rango de precipitaciones en el Monte de Valsaín se extiende desde los 230 mm a casi los 500 mm. Se observa, además, que en la Sierra de Baza casi no se distinguen los dos puntos situados a mayor altitud, en la zona de la cumbre.

Se establece entonces que en el Monte de Valsaín es mucho más húmedo y la diversidad se distribuye en un rango mucho mayor que en la Sierra de Baza.

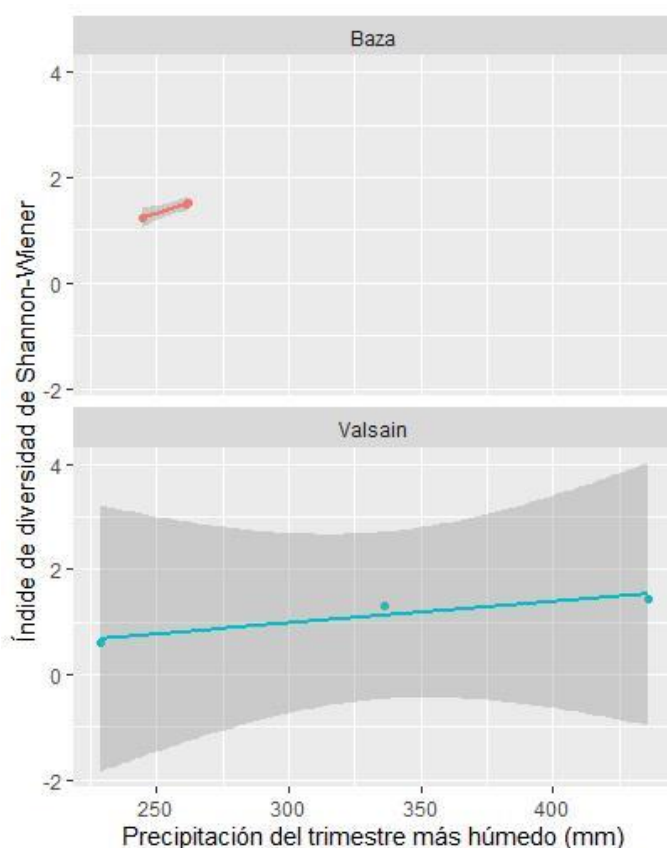


Figura 28. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función del trimestre más húmedo (BIO16). Los puntos representan los valores reales.

Respecto a las variables climáticas significativas de la Tabla 13, se observa que las regresiones con variables climáticas BIO2, BIO3, BIO4 y BIO7, que corresponden con el rango diurno medio, la isothermalidad, la estacionalidad de temperatura y el rango anual de temperatura, respectivamente, siguen la misma tendencia (Figura 28), aunque se pueden ver ciertas diferencias significativas entre ellas, que se comentarán más adelante.

Tabla 13. Resultados significativos de las regresiones lineales para el Monte de Valsain.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener	Variable ambiental	p-valor	Error Estándar	R ² Ajustado	Coefficientes lineales
Familias Valsain	BIO2	0,009624	0,009573	0,9995	$4,971157 - 0,500801x$
Familias Valsain	BIO3	0,009837	0,009784	0,9995	$8,168212 - 0,230683x$
Familias Valsain	BIO4	0,01936	0,01926	0,9982	$23,289648 - 0,034780x$
Familias Valsain	BIO5	0,0301	0,02993	0,9955	$7,01309 - 0,25725x$
Familias Valsain	BIO7	0,0005011	0,0004985	1	$9,8663823 - 0,3482540x$
Familias Valsain	BIO8	0,03612	0,03591	0,9936	$1,65982 - 0,18871x$

Así mismo, las variables climáticas BIO5 y BIO8 tienen una tendencia totalmente distinta al resto (Figura 30), como se comentará más adelante.

En la Figura 29 se observan tendencias diferentes respecto al rango anual de temperaturas (BIO7) para cada zona de estudio, y que coinciden en tendencia con el rango medio diario (BIO2), la isothermalidad (BIO3) y la estacionalidad de temperatura (BIO4).

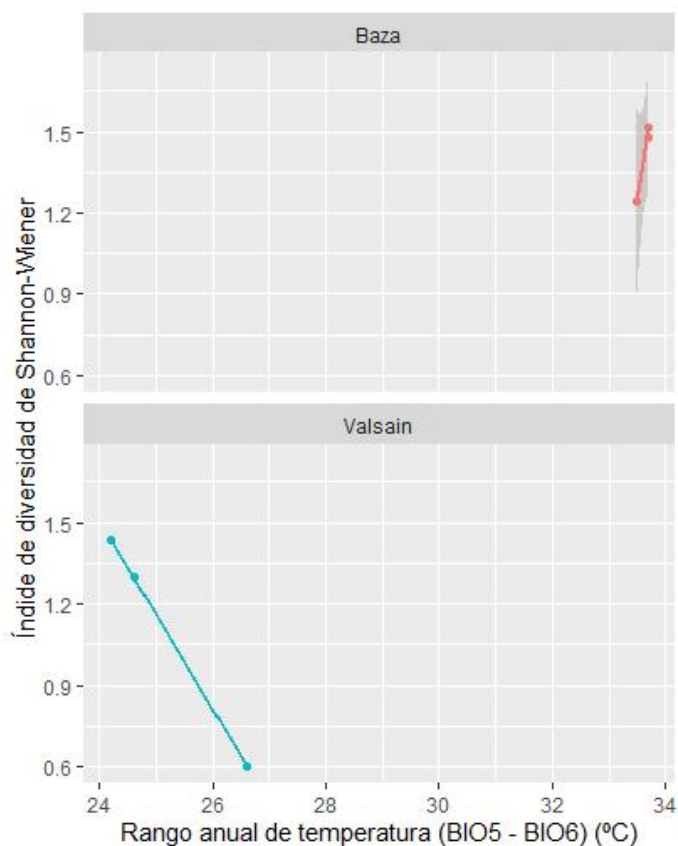


Figura 29. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función del rango temperatura media anual (BIO7). Los puntos representan los valores reales.

De esta forma, mientras que en la Sierra de Baza se observa un aumento de la diversidad de familias conforme aumenta el valor de la variable climática analizada, en el Monte de Valsaín esta diversidad de familias disminuye. Además, se observa una discontinuidad entre ambas zonas de estudio, quedando Baza en la zona de valores más elevados, y siempre con un rango de distribución mucho más estrecho que en Valsaín.

En la Figura 30 se observa una disminución de la diversidad de familias, para ambas zonas de estudio, conforme aumenta la temperatura, quedando la Sierra de Baza con un rango de distribución mucho más estrecho respecto al Monte de Valsaín.

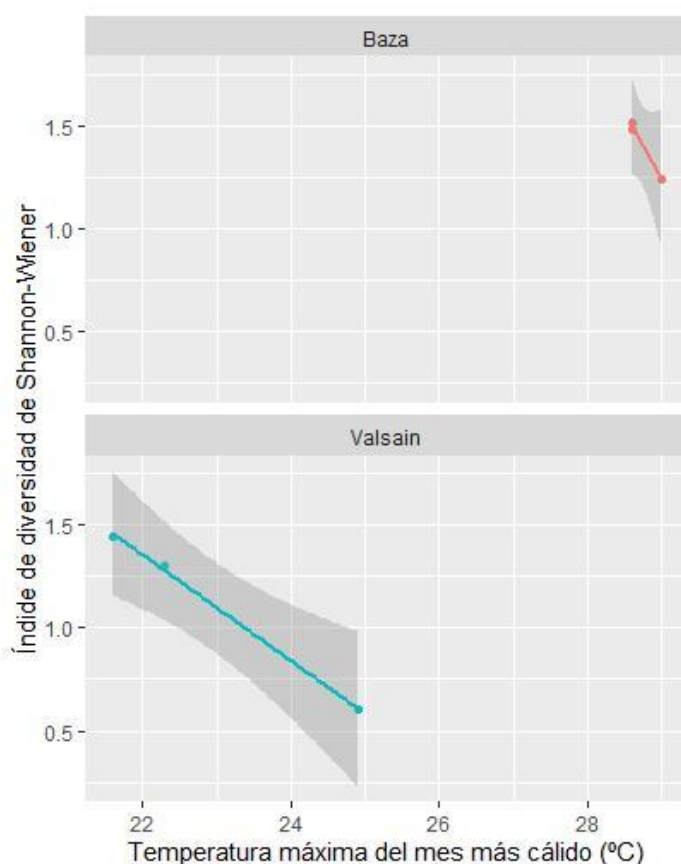


Figura 30. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura máxima del mes más cálido (BIO5). Los puntos representan los valores reales.

Como se observa también, se aprecia que hay una gran diferencia entre los rangos de temperatura observados. De este modo, Baza tiene unas temperaturas medias mucho más elevadas que Valsaín para el periodo más cálido del año, quedando una discontinuidad muy acusada entre ambas zonas.

En la Figura 31 se observa una disminución de la diversidad de las familias para ambas zonas de estudio conforme aumenta la temperatura en el trimestre más húmedo. Además, se puede observar que, a diferencia del resto de variables, la Sierra de Baza es más fría que en el Monte de Valsaín, además de un rango de distribución más estrecho. La tendencia que se observa es la que cabría esperar para ambas zonas, en relación con los resultados anteriores.

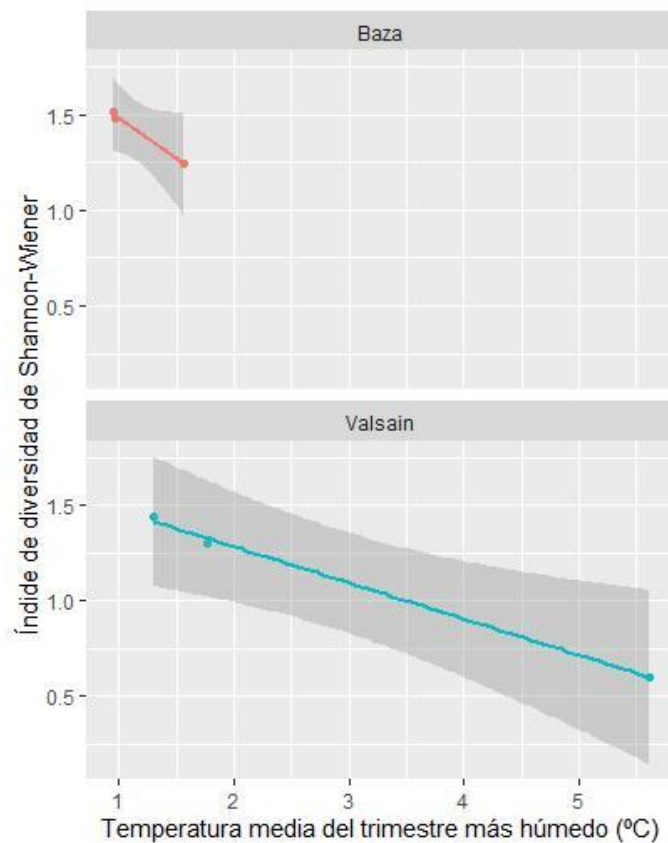


Figura 31. Recta de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más húmedo (BIO8). Los puntos representan los valores reales.

4.2.3. Relaciones entre Diversidad alfa a nivel de los grupos tróficos y las variables ambientales

En relación con los grupos tróficos, tanto para el grupo trófico larvario como para el grupo trófico adulto, no apareció ninguna regresión estadísticamente significativa.

5. Discusión

Lo primero que se destaca es que, cuando se realiza el análisis de ANOVA, las diversidades en ambas zonas son estadísticamente iguales, sin tener en cuenta los puntos de muestreo, es decir, la totalidad en la diversidad alfa de cada zona, para cada uno de los niveles de la diversidad alfa que se estudian. Estos resultados, no obstante, no serían los esperados, puesto que la Sierra de Baza se encuentra en el límite sur de la especie de *Pinus sylvestris*, por lo que se esperaría una diversidad menor en comparación con la del Monte de Valsaín. A pesar de que los resultados obtenidos no son los esperados, se irán discutiendo las posibles causas de ello durante todo este apartado.

Para ambas zonas de estudio, se detectan relaciones lineales positivas, de modo que hay una mayor diversidad de especies y familias en las zonas de mayor altitud. De esta forma, donde se registró una menor diversidad de especies fue en el punto más bajo de Valsaín (V1), el cual se encuentra a 1450 m, mientras que el punto de muestreo más bajo de Baza (B1) se encuentra a 1920 m, con una diversidad mayor que el punto más bajo de Valsaín. De forma más clara, se ve que es en las zonas con mayor altitud (donde las temperaturas son más bajas y las precipitaciones más elevadas), donde se alcanzan los máximos de diversidad y, por tanto, una mayor complejidad de las comunidades, lo que podría interpretarse como que estas comunidades que se encuentran más cerca de su óptimo.

Cuando se analiza la diversidad alfa en función de los niveles de estudio taxonómicos (especies y familia), se observa, de manera generalizada, un aumento de la diversidad alfa conforme nos elevamos en altitud en ambas zonas, y una disminución conforme nos acercamos a las zonas más cálidas y secas, mientras que, para el nivel de estudio no taxonómico (grupos tróficos larvarios y adultos), no se obtienen resultados significativos porque probablemente no son una herramienta adecuada para analizar las comunidades a la escala en la que estamos trabajando.

De esta forma, la tendencia general de la diversidad alfa que se observa cuando se realizan los modelos lineales es que, hacia zonas más cálidas disminuye la diversidad. Las temperaturas medias son más elevadas en la Sierra de Baza, aunque las temperaturas del trimestre más frío son más bajas en Baza que en Valsaín. Además, en Baza, el rango de distribución de la diversidad es muy estrecho y la ésta disminuye de forma drástica, mientras que en el Monte de Valsaín hay un rango mucho más amplio en la diversidad. A pesar de ello, Baza presenta una mayor diversidad de especies, sobre todo en los puntos de muestreo de mayor altitud, en comparación con Valsaín.

En relación con las variables de pluviometría, se observa que en zonas más húmedas la diversidad también aumenta, encontrando un rango de variación mucho más estrecho en Baza que en Valsaín. Además, se observa que, a pesar de que en Baza la cantidad de precipitaciones totales es mayor, la estacionalidad de las precipitaciones también lo es. En cambio, en Valsaín se registra una pluviometría menor, pero con mayor continuidad a lo largo del año. La estacionalidad nos proporciona información sobre cómo quedan restringidas las precipitaciones a un periodo concreto, es decir, cómo de homogéneos son los valores de precipitación anuales. De acuerdo con los resultados, cuanto más irregulares sean las precipitaciones a lo largo del año, la diversidad de la comunidad de insectos forestales tiende a aumentar.

Teniendo en cuenta estos resultados, los puntos de muestreo situados en las zonas de mayor altitud en Baza se encuentran en la zona más fría, registrando una mayor diversidad tanto de especies como de familias. Hay que recordar que la altitud de Baza es superior a la de Valsaín y, sin embargo, se observa una diferencia muy importante respecto a las temperaturas: en el trimestre más frío, las temperaturas son mucho más bajas en Baza que en Valsaín, mientras que, durante el periodo más cálido, esta zona registra temperaturas superiores a las de Valsaín, por lo que es de suponer que puede ser un ambiente muy estresante para *Pinus sylvestris*.

Pero estas variables climáticas también deben estar relacionadas con una mejor o peor calidad del bosque. Lo esperado sería que las comunidades más complejas deberían encontrarse en bosques situados más cerca de su óptimo, siguiendo los rangos de altitud, temperatura y precipitación, aunque es aparentemente contradictorio con los resultados obtenidos en este trabajo: la diversidad de Baza igual, o puntualmente mayor, que la de Valsaín.

Esto se puede entender de forma que, en Baza, donde las oscilaciones en las temperaturas anuales son muy grandes (veranos cálidos e inviernos muy fríos), el bosque puede encontrarse lejos de su óptimo, de forma que la especie de *Pinus sylvestris* puede verse afectado ante esta situación tan estresante, afectando de alguna forma a la complejidad de las comunidades de insectos forestales que depende estos árboles. No obstante, uno de los motivos por los que Baza no da regresiones significativas en cuanto a diversidad de en el nivel taxonómico de especie, puede ser debido a que las dos zonas de muestreo de la cumbre están separadas sólo 1 km, lo que da lugar a una diferencia ambiental muy pequeña, como se observa en las Figuras correspondientes, donde se ven dos puntos muy juntos en la zona de Baza.

Por otro lado, en Valsaín, el bosque debe encontrarse más cerca de su óptimo, lo que también se puede relacionar con la altitud y la climatología, ya que, en las zonas más elevadas, las temperaturas son más bajas y las precipitaciones registradas son mayores.

Hay que tener en cuenta que la Sierra de Baza se encuentra incluida en las montañas béticas, consideradas un *hotspot* de diversidad (Myers *et al.*, 2000), por lo que es esperable altos niveles de diversidad, lo que podría estar alterando las tendencias esperadas. Además, hay que tener en cuenta que el bosque de *Pinus sylvestris* y las comunidades de insectos estudiadas en la Sierra de Baza podrían considerarse como una situación de montaña isla (Valdés, 2011). Las montañas isla son zonas óptimas en sus condiciones climáticas que se encuentran aisladas debido a la interposición de hábitats no propicios para las especies que las habitan. Debido a esto, las especies que necesitan este tipo de hábitat se concentran normalmente en las zonas de elevada altitud, sin la posibilidad de dispersarse por las zonas más bajas. Para estas montañas isla, se suelen esperar unos valores de diversidad menores, de acuerdo con la teoría de MacArthur and Wilson (1967) y suelen presentar un elevado riesgo de extinción debido al cambio climático, ya que la única forma que tienen las especies que componen esa comunidad de sobrevivir es ir subiendo en altura.

De acuerdo con estas consideraciones, aunque el pinar de Baza se encuentre lejos del óptimo, encontramos altos valores de diversidad alfa de especies, y esto puede ser debido al equilibrio entre encontrarse en un *hotspot* de diversidad y ser una montaña isla. Conforme a esto, se esperaría, por un lado, que al ser un *hotspot* aumentase la diversidad de especies, y, sin embargo, al comportarse como una montaña isla, esta diversidad tiende a disminuir. No obstante, cabe destacar que, en el gradiente altitudinal de la Sierra de Baza, bajo el pinar de *Pinus sylvestris*, encontramos un pinar de *Pinus nigra* y, por debajo de éste, pinares de *Pinus halepensis*. De esta forma, el cambio climático puede ocasionar que las especies de los pinares de menor altitud puedan acceder a mayores altitudes, produciendo un aumento temporal de la diversidad, al mezclarse las especies de ambas comunidades. Como resultado, valores más altos de diversidad que los esperados se mantendrían en esta zona de estudio. Todo ello en contraposición a lo que podría ocurrir en el Monte de Valsaín, ya que bajo el pinar de *Pinus sylvestris* se encuentra el paisaje agrícola y formaciones de encinas, donde las comunidades de insectos son incompatibles unas con otras. Como consecuencia, el resultado de una mayor diversidad de especies en Baza puede darse por el equilibrio de estos tres factores mencionados anteriormente.

De acuerdo con lo anterior, es muy probable la zona de pinar de *Pinus sylvestris*, y muchas de las especies que alberga, se acaben extinguiendo en Baza debido al cambio global. No obstante, si el pinar de esta zona tiene suficiente resiliencia, es decir, las especies tienen la capacidad de mantenerse donde están y sobrevivir a pesar de que las condiciones no son óptimas, podría mantenerse, aunque las condiciones del bosque no serían las adecuadas y las comunidades que alberga posiblemente se irán haciendo cada vez más simples.

Por todo ello, todos estos resultados pueden ser utilizados como posibles hipótesis en futuros proyectos, abriendo una posible vía de investigación en este sentido, cuyos resultados pueden ayudar a esclarecer si las comunidades de esta zona cambiarán o sufrirán alguna modificación conforme las condiciones climáticas en esta zona vayan cambiando a causa del cambio global.

6. Conclusiones

1. Pese a que, según los resultados obtenidos de los ANOVAs, ambas zonas de estudio muestran una diversidad sin diferencias estadísticas, los valores de diversidad, obtenidos mediante los modelos lineales, muestran que, en la Sierra de Baza estos valores son aparentemente mayores a los del Monte de Valsaín.

2. Respecto a las variables ambientales, se observa una relación lineal de modo que, conforme nos acercamos a las zonas más cálidas y secas, la diversidad alfa de especies y familias disminuye de forma drástica, aumentando considerablemente esta diversidad cuando nos aproximamos a las zonas más frías y húmedas.

3. El estudio de la diversidad alfa en función del nivel no taxonómico no ha dado resultados significativos, pudiendo no ser una herramienta adecuada para analizar las comunidades a la escala en la que se realiza el trabajo.

4. Pese a las condiciones ambientales más desfavorables en la Sierra de Baza, encontramos que la diversidad es aparentemente mayor que en Valsaín, pudiendo ser debido a la conjunción de factores por encontrarse un *hotspot* de diversidad y de tratarse de una montaña isla al mismo tiempo, pero también por la posible colonización de otras especies que de otras formaciones forestales de zonas de menor altitud.

5. De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, puede hipotetizarse, para futuros proyectos o investigaciones, que las comunidades de la zona de la Sierra de Baza pueden volverse más simples, o ser sustituidas por comunidades de las zonas bajas, a medida que las condiciones ambientales vayan cambiando en esta zona.

7. Conclusions

1. Despite the fact that, according to the results obtained from the ANOVAs, both study areas show a diversity without statistical differences, the diversity values, obtained through the linear models, show that, in the Sierra de Baza these values are apparently higher than those of the Monte de Valsaín.

2. With regard to the environmental variables, a linear relationship is observed so that, as we approach the warmer and drier areas, the alpha diversity of species and families decreases drastically, increasing considerably this diversity when we approach the colder and wetter areas.

3. The study of alpha diversity as a function of the non-taxonomic level has not yielded significant results and may not be an adequate tool for analysing communities at the scale at which the work is done.

4. Despite the more unfavourable environmental conditions in the Sierra de Baza, we found that diversity is apparently higher than in Valsaín. This may be due to a combination of factors, since it is a diversity hotspot and an island mountain at the same time, but also to the possible colonisation of other species than other forest formations in lower altitude areas.

5. According to the results obtained in this work, it can be hypothesized, for future projects or researches, that the communities in the area of the Sierra de Baza may become simpler, or be replaced by communities in the lower areas, as environmental conditions worsen in this area.

8. Bibliografía

8.1. Recursos bibliográficos

Allue, J.L. (1990). Atlas fitoclimático de España. INIA. MAPA. Madrid.

Bacaro, G.; Rocchini, D.; Ghisla, A.; Marcantonio, M.; Neteler, M.; Chiarucci, A. (2012). The spatial domain matters: Spatially constrained species rarefaction in a Free and Open Source environment. *Ecological Complexity*, 12: 63-69.

Castroviejo Bolívar, Santiago *et al.* (eds.) (1986). Flora ibérica. [...] Vol. I. Lycopodiaceae-Papaveraceae.

Catalán, G. (eds.) (1991). Regiones de Procedencia de *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn. Subsp. *salmannii* (Dunal) Franco. MAPA, Madrid, 5 pp.

Cornell, H.V. and J.H. Lawton. (1992). Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: A theoretical perspective. *J. Anim. Ecol.*, 61: 1-12.

Dollin, P.E.; Majka, C.G.; Duinker, P.N. (2008). Saproxylic beetle (Coleoptera) communities and forest management practices in coniferous stands in southwestern Nova Scotia, Canada, 2: 291-336.

Dumm, D. & Crutchfield, J.P. (2006). Insects, Trees, and Climate: The Bioacoustic Ecology of Deforestation and Entomogenic Climate Change. Santa Fe Institute Working Paper, 120: 23-32.

Franklin, J. F., Spies, T.A. (1991). Ecological Definitions of Old-Growth Douglas-Fir Forests. In: *Wildlife and Vegetation of Unmanaged Douglas-Fir Forests*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-285. Portland, OR: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, pp. 61-69.

Gallego, D. y Campo, M.T. (2010). El bosque ante el cambio climático. Murcia, Enclave Ambiental, 25, 18-29.

Gambín, A. (2010). Uso de la red de seguimiento forestal permanente para evaluar tendencias de cambio climático: 21

Gómez Tornero, J. (2005) Los Montes de Valsaín. Edita: O. A. Parques Nacionales©

Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4(4): 379-391.

Gotelli, N.J. & Chao, A. (2013). Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data.

Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2011). Estimating species richness. *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*, 12: 39-54.

Gil, P.; Galera, R. M.; Martín, S.; Agundez, D.; Alia, R. (1991). Regiones de procedencia de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn, subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco de España: Servicio de Material Genético (ICONA) y Departamento de Sistemas Forestales (INIA), Madrid: 13-19.

Gil y Pajares (1986). Los escolítidos de las coníferas en la Península Ibérica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), Madrid, 194 pp.

Junta De Andalucía (2007). Guía del Parque Natural Sierra de Baza y su entorno, Sevilla: Consejería de Turismo, Comercio y Deporte: 25-29.

Llorente, B. J; Morrone, J. J. (2001). Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, concepto, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias. UNAM, México D.F.

López, F. (2007). Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Marcos-García, Mª A. (1986). Nuevas citas para la fauna ibérica de sírfidos (Diptera). Miscelánea Zoológica, 10: 205-211.

MacArthur, R. H. and Wilson, E. O. (1967). The theory of island biogeography. Princeton, University Press, Princeton.

Micó, E.; Marcos García, Mª Ángeles; Galante E. (eds.) (2013). Los Insectos saproxílicos del Parque Nacional de Cabañeros, 2: 41-45.

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Da Fonseca, G. A. B. and Kent, J. (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Oksanen, J., Blanchet F.G., Michael Friendly, Kindt,R., Legendre, P., McGlinn,D., Minchin, P.R., O'Hara R.B, Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens M.H., Szoecs, E. and Wagner, H. (2017). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Oria de Rueda, J.A. (2013). Guía de árboles y arbustos de Castilla y León. Ediciones Cálamo, Valladolid, 12 pp.

R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>

Sánchez-Salguero, R.; Navarro-Cerrillo, R.M.; Camarero, J.J.; Fernández-Cancio, A.; Swetnam, T.W.; Zavala, M.A. (2012). Vulnerabilidad frente a la sequía de repoblaciones de dos especies de pinos en su límite meridional en Europa. Ecosistemas, 21(3):31-40.

Sanchis, Ana (2019): Descripción de las comunidades de insectos forestales asociados a *Pinus sylvestris* en la Península Ibérica.

Speight, M. C. D. (1989). Saproxylic invertebrates and their conservation. Nature and environment series 42. Council of Europe, Strasbourg.

Valdés, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. Ecosistemas 20(2-3):11-20.

Whittaker, R.H. 1960. Vegetation in the Siskiyou mountains, Oregon and California. Ecol. Monogr., 30: 279-338.

8.2. Recursos web

<https://www.asturnatura.com/especie/pinus-sylvestris.html>

<http://www.euforgen.org/>

<https://www.miteco.gob.es/>

<https://es.climate-data.org/>

<https://www.e-econex.net/>

9. Anexos

9.1. Anexos de Tablas

Tabla 1: Códigos y nombres científicos de las especies capturadas.

Código	Especie
Ortero	<i>Orthotomicus erosus</i>
Carmin	<i>Carphoborus minimus</i>
Hylang	<i>Hylastes angustatus</i>
Hylate	<i>Hylastes ater</i>
Hylatt	<i>Hylastes attenuatus</i>
Hylling	<i>Hylurgus ligniperda</i>
Hylmic	<i>Hylungus micklitzii</i>
Hypal	<i>Hylurgops palliatus</i>
Ipsaco	<i>Ips acuminatus</i>
Ipssex	<i>Ips sexdentatus</i>
Pitbis	<i>Pityogenes bisdentatus</i>
Pitgla	<i>Pityophthorus glabratrus</i>
Pitlic	<i>Pityophthorus lichtensteini</i>
Tommin	<i>Tomicus minor</i>
Temcae	<i>Temnoschelia caerulea</i>
Aulruf	<i>Aulonium ruficome</i>
Allqua	<i>Allonyx quadrimaculatus</i>
Thafem	<i>Thanasimus femoralis</i>
Thafor	<i>Thanasimus formicarius</i>
Rhidep	<i>Rhizophagus depressus</i>
Pitfer	<i>Pityophagus ferrugineus</i>
Synfus	<i>Syntomus fuscomaculatus</i>
Accaed	<i>Acanthocinus aeditis</i>
Acagris	<i>Acanthocinus griseus</i>
Artrus	<i>Arthropalus rusticus</i>
Mongal	<i>Monochamus galloprovincialis</i>
Oxynod	<i>Oxypleurus nodieri</i>
Rhainq	<i>Rhagium inquisitor</i>
Spobup	<i>Spondylis buprestoides</i>
Xylarv	<i>Xylotrechus arvicola</i>
Lacpun	<i>Lacon punctatus</i>
Stelau	<i>Stenagastus laufferi</i>
Magdup	<i>Magdalis duplicata</i>
Magmem	<i>Magdalis memnonia</i>
Magphl	<i>Magdalis phlegmatica</i>
Magruf	<i>Magdalis rufa</i>
Brapin	<i>Brachonyx pineti</i>
Brainc	<i>Brachideres incanus</i>
Pacsqu	<i>Pachyrhinus squamosus</i>
Piscas	<i>Pisones castaneus</i>
Phacya	<i>Phaenops cyaneus</i>
Proobl	<i>Protaetia oblonga</i>

Anexo 2: Valores de las variables climáticas explicar (Escala 1:1).

	B1	B2	B3	V1	V2	V3
BIO1	8.68333	8.11250	8.10417	9.18750	7.55000	6.81667
BIO2	12.33333	12.42500	12.44167	8.72500	7.31667	7.06667
BIO3	36.81592	36.86943	36.91889	32.80075	29.74255	29.20110
BIO4	738.62073	745.38617	743.89777	652.35632	631.84436	628.63611
BIO5	29.00000	28.60000	28.60000	24.90000	22.30000	21.60000
BIO6	-4.50000	-5.10000	-5.10000	-1.70000	-2.30000	-2.60000
BIO7	33.50000	33.70000	33.70000	26.60000	24.60000	24.20000

BIO8	1.56667	0.95000	0.96667	5.61667	1.76667	1.30000
BIO9	18.25000	17.76667	17.75000	17.76667	15.96667	15.31667
BIO10	18.51667	18.05000	18.01667	17.76667	15.96667	15.31667
BIO11	0.53333	-0.08333	-0.08333	2.00000	0.80000	0.31667
BIO12	18.51667	18.05000	18.01667	17.76667	15.96667	15.31667
BIO13	84.00000	89.00000	89.00000	82.00000	122.00000	159.00000
BIO14	10.00000	11.00000	12.00000	22.00000	23.00000	24.00000
BIO15	46.79227	46.67922	46.33482	37.32814	42.66868	45.87574
BIO16	245.00000	262.00000	261.00000	229.00000	336.00000	436.00000
BIO17	53.00000	57.00000	58.00000	83.00000	99.00000	110.00000
BIO18	58.00000	63.00000	64.00000	83.00000	99.00000	110.00000
BIO19	237.00000	254.00000	254.00000	194.00000	289.00000	375.00000

9.2. Anexo de Figuras

Anexo 3: Regresiones lineales significativas con tendencia similar a las Figuras que se encuentran en el apartado de Resultados.

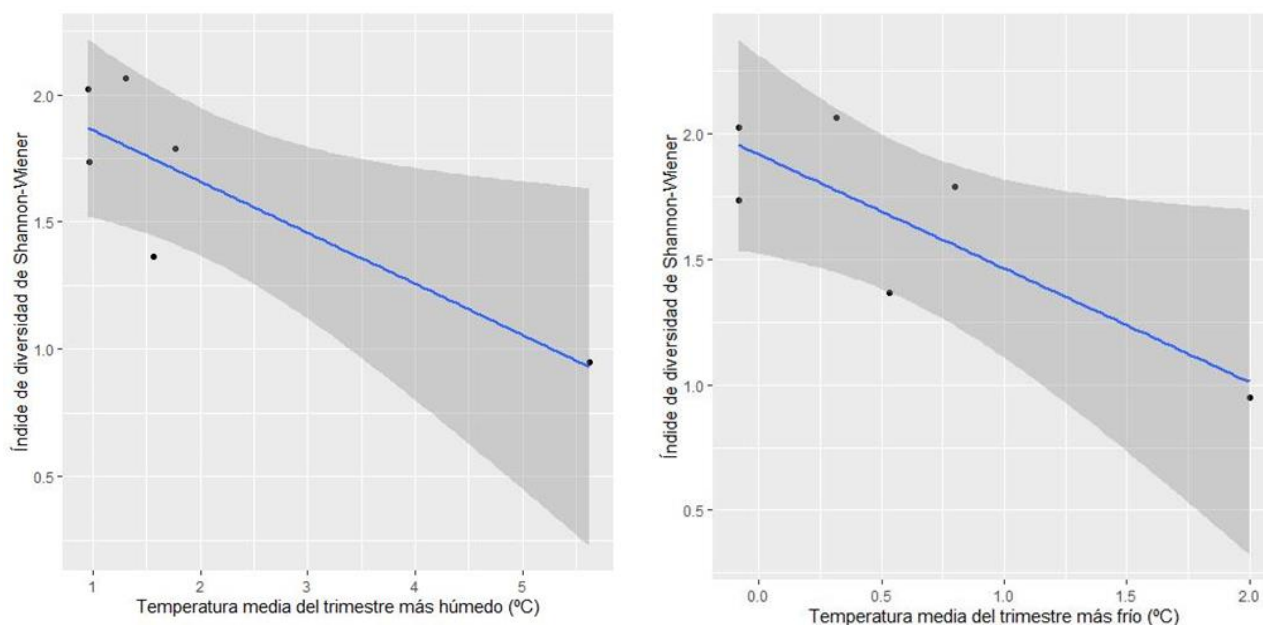


Figura 32. Rectas de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más húmedo (Figura izquierda) (BIO8) y en función de la temperatura media del trimestre más frío (Figura derecha) (BIO11). Los puntos representan los valores reales.

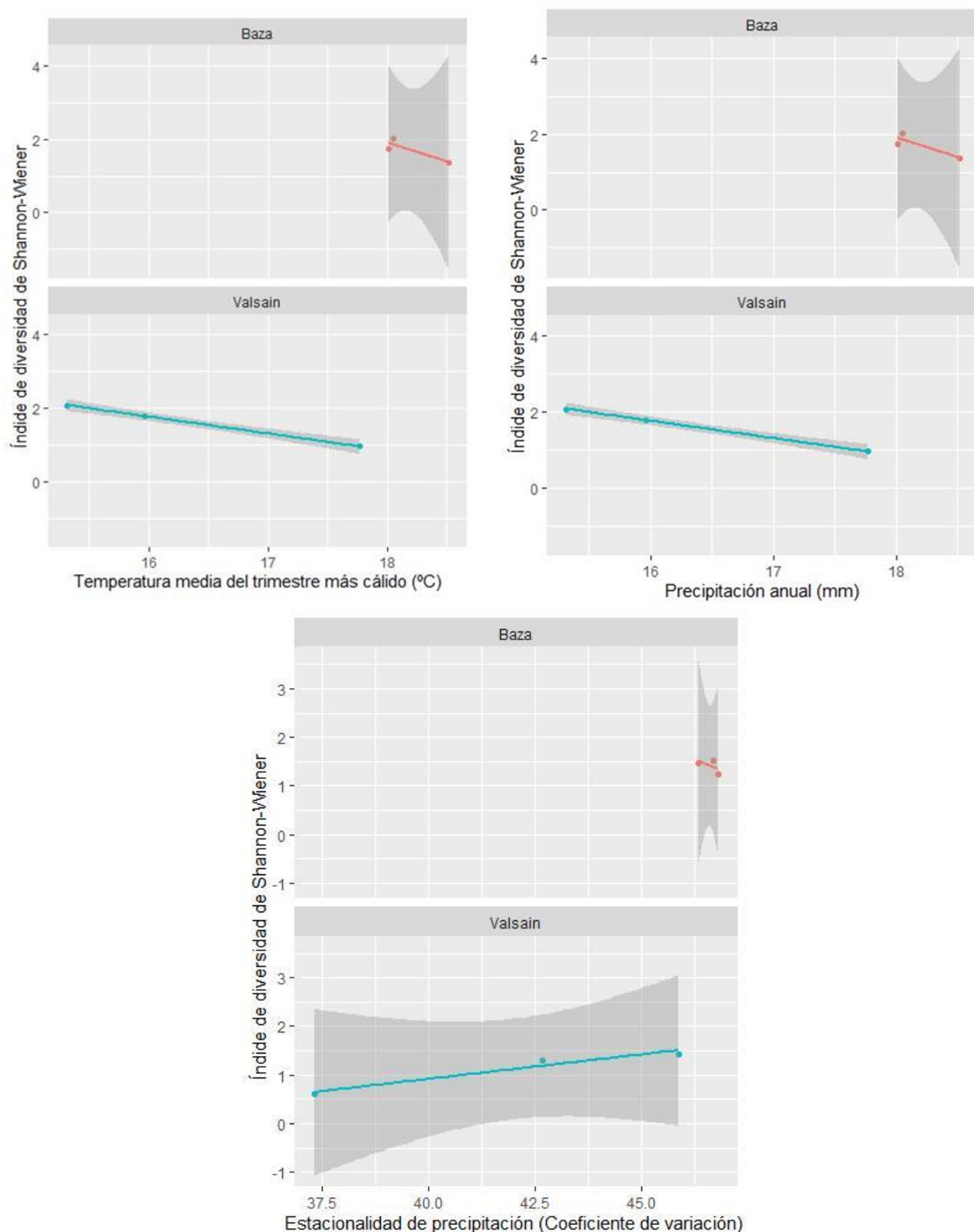


Figura 33. Rectas de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más cálido (Figura arriba izquierda) (BIO11), en función de la precipitación anual (Figura arriba derecha) (BIO12) y en función de la estacionalidad de la precipitación (Figura abajo) (BIO15). Los puntos representan los valores reales.

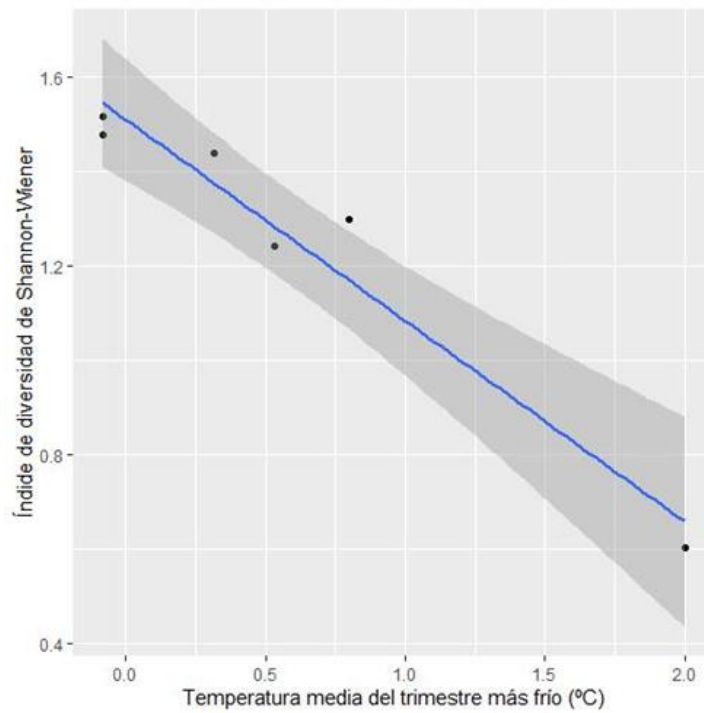
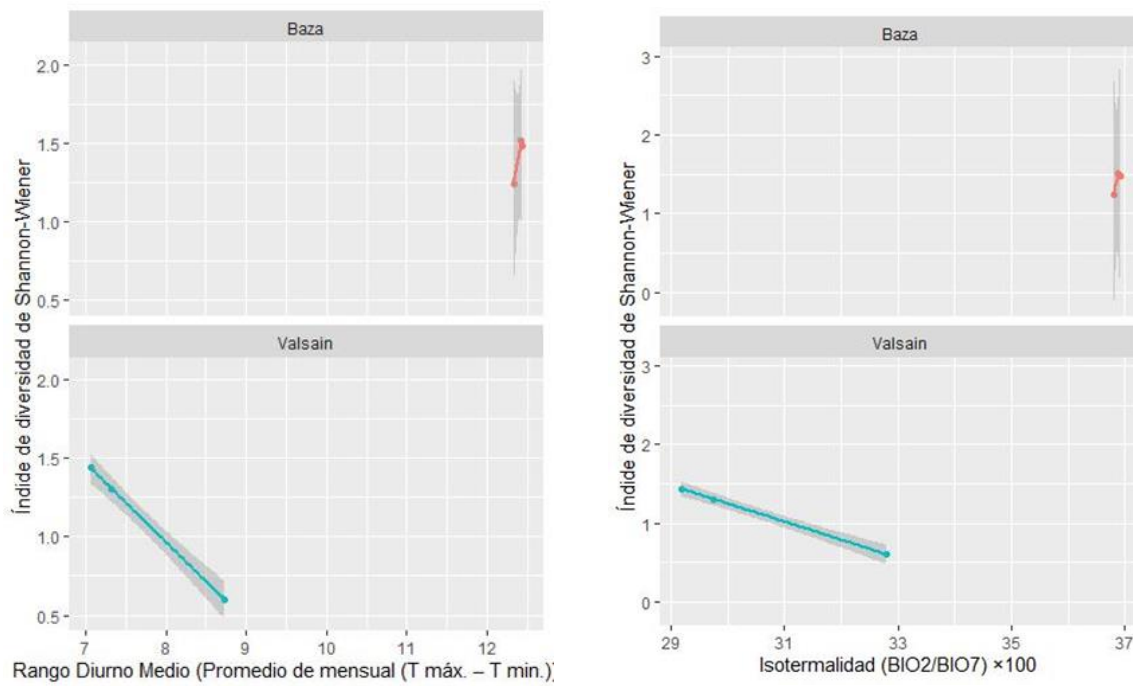


Figura 34. Rectas de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función de la temperatura media del trimestre más frío (BIO11). Los puntos representan los valores reales.



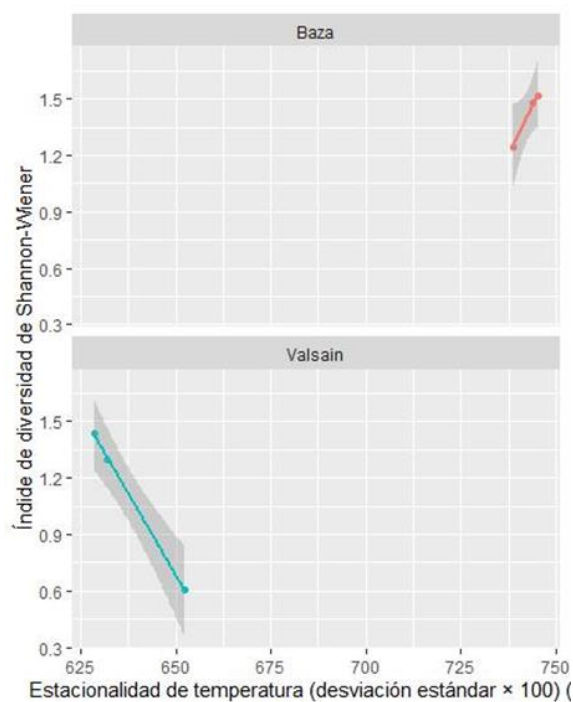


Figura 35. Rectas de regresión del índice de diversidad de Shannon-Wiener en función del rango diario medio (Figura arriba izquierda) (BIO2), en función de la isothermalidad (Figura arriba derecha) (BIO3) y en función de la estacionalidad de la temperatura (Figura abajo) (BIO4). Los puntos representan los valores reales.